

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-179284

(P2003-179284A)

(43) 公開日 平成15年6月27日 (2003.6.27)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 L 43/12		H 0 1 L 43/12	2 G 0 1 7
G 0 1 R 33/09		G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 4
G 1 1 B 5/39		H 0 1 L 43/08	Z
H 0 1 L 43/08		G 0 1 R 33/06	R

審査請求 有 請求項の数26 O L (全 41 頁)

(21) 出願番号 特願2002-36365(P2002-36365)  
(22) 出願日 平成14年2月14日(2002.2.14)  
(31) 優先権主張番号 特願2001-308359(P2001-308359)  
(32) 優先日 平成13年10月4日(2001.10.4)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

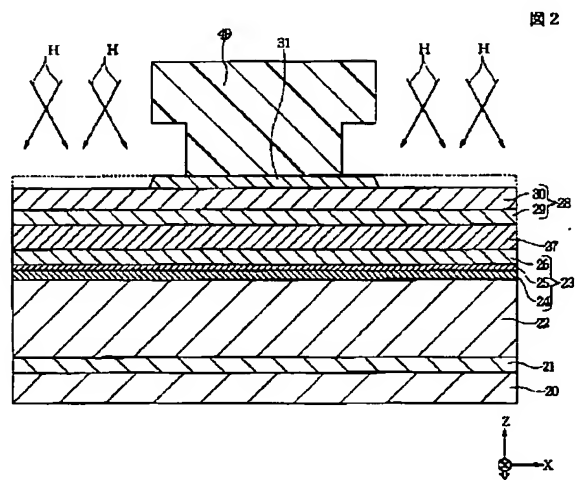
(71) 出願人 000010098  
アルプス電気株式会社  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号  
(72) 発明者 長谷川 直也  
東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス  
電気株式会社社内  
(72) 発明者 梅津 英治  
東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス  
電気株式会社社内  
(74) 代理人 100085453  
弁理士 野▲崎▼ 照夫  
Fターム(参考) 2G017 AA01 AD55 AD65  
5D034 BA03 CA08 DA07

(54) 【発明の名称】 磁気検出素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 エクスチェンジバイアスによってフリー磁性層に縦バイアス磁界を供給する磁気検出素子において、フリー磁性層が受ける損傷を低減し、磁界検出能が向上した磁気検出素子を形成できる磁気検出素子の製造方法を提供する。

【解決手段】 フリー磁性層28上に、貴金属からなる非磁性層31を成膜した後、前記非磁性層の一部分を低エネルギーのイオンミリングで除去する。低エネルギーのイオンミリングはミリングレートが遅く、ミリング止め位置のマージンを狭くすることが可能になる。特に、非磁性層31をイオンミリングで除去した瞬間にミリングを止めることも可能になる。従って、フリー磁性層28はイオンミリングによって大きなダメージを受けなくなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 以下の工程を有することを特徴とする磁気検出素子の製造方法。

(a) 基板上に、下から第1反強磁性層、固定磁性層、非磁性材料層、フリー磁性層、及び貴金属材料からなる非磁性層の順に積層された多層膜を形成する工程と、

(b) 第1の磁場中アニールを施して、前記第1反強磁性層と固定磁性層間に交換結合磁界を発生させ、前記固定磁性層の磁化方向を固定する工程と、(c) 前記非磁性層の両側端部を除去し、前記フリー磁性層の両側端部表面を露出させる工程と、(d) 前記非磁性層の両側に露出した前記フリー磁性層上に、強磁性層を形成する工程と、(e) 前記強磁性層上に、第2反強磁性層を形成する工程と、(f) 第2の磁場中アニールを施し、前記第2反強磁性層と前記強磁性層間に交換結合磁界を発生させ、前記強磁性層及び前記フリー磁性層の両側端部の磁化を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に固定する工程。

【請求項2】 前記強磁性層の膜厚を5 Å～50 Åに設定する請求項1に記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項3】 以下の工程を有することを特徴とする磁気検出素子の製造方法。

(g) 基板上に、下から第1反強磁性層、固定磁性層、非磁性材料層、フリー磁性層、中間反強磁性層及び貴金属材料からなる非磁性層の順で積層された多層膜を形成する工程と、(h) 第1の磁場中アニールを施して、前記第1反強磁性層と固定磁性層間に交換結合磁界を発生させ、前記固定磁性層の磁化方向を固定する工程と、

(i) 前記非磁性層を全部除去して、前記中間反強磁性層の表面を露出させる工程と、(j) 前記中間反強磁性層上に第2反強磁性層を形成する工程と、(k) 前記第2反強磁性層の中央部を削る工程と、(l) 第2の磁場中アニールを施して、第2反強磁性層下の中間反強磁性層の両側端部と、フリー磁性層の両側端部間に交換結合磁界を発生させ、前記フリー磁性層の両側端部の磁化を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に固定する工程。

【請求項4】 前記非磁性層を、前記中間反強磁性層の材料と混合したときに、この混合物が反強磁性を示す金属材料を用いて形成する請求項3に記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項5】 前記(g)工程で、前記中間反強磁性層を10 Å以上で50 Å以下で形成する請求項3または4記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項6】 前記中間反強磁性層を30 Å以上で40 Å以下で形成する請求項5記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項7】 前記(k)工程で、第2反強磁性層の中央部を全て除去して、前記中間反強磁性層を露出させる請求項3ないし6のいずれかに記載の磁気検出素子の製

造方法。

【請求項8】 前記(k)工程で、前記フリー磁性層の中央部に形成された反強磁性層の膜厚を50 Å以下にする、または前記フリー磁性層の中央部に反強磁性層を残さない請求項3ないし6のいずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項9】 前記(k)工程で、前記フリー磁性層の中央部に形成された反強磁性層の膜厚を40 Å以下にする請求項8記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項10】 以下の工程を有することを特徴とする磁気検出素子の製造方法。

(m) 基板上に、下から第1反強磁性層、固定磁性層、非磁性材料層、フリー磁性層、及び貴金属材料からなる非磁性層の順で積層された多層膜を形成する工程と、

(n) 第1の磁場中アニールを施して、前記第1反強磁性層と固定磁性層間に交換結合磁界を発生させ、前記固定磁性層の磁化方向を固定する工程と、(o) 前記非磁性層を全部除去して、前記フリー磁性層の表面を露出させる工程と、(p) 前記フリー磁性層上に強磁性層及び第2反強磁性層を順に形成する工程と、(q) 前記第2反強磁性層及び前記強磁性層の中央部を除去する工程と、(r) 第2の磁場中アニールを施して、前記第2反強磁性層と前記強磁性層間に交換結合磁界を発生させ、前記強磁性層及び前記フリー磁性層の両側端部の磁化を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に固定する工程。

【請求項11】 前記強磁性層の膜厚を5 Å～50 Åに設定する請求項10記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項12】 前記第2の反強磁性層上に、トラック幅方向に間隔をあけて一対の電極層を積層する工程を有する請求項1ないし11のいずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項13】 前記(a)工程の前に、

(s1) 基板上に、下部電極層を形成する工程を有し、前記(e)工程の後に、(s2) 前記第2の反強磁性層上に、前記第2の反強磁性層を覆いトラック幅方向の中央部に穴部が設けられた絶縁層を積層する工程と、(s3) 前記多層膜層に電氣的に導通する上部電極層を形成する工程と、を有する請求項1または2記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項14】 前記(g)又は(m)工程の前に、

(t1) 基板上に、下部電極層を形成する工程を有し、前記(k)又は(q)の工程の代わりに、(t2) 前記第2の反強磁性層上に絶縁層を成膜する工程と、(t3) 前記絶縁層上に、トラック幅方向の中央部に穴部を設けたレジストを積層し、前記絶縁層及び前記第2の反強磁性層の前記穴部に露出する部位を削り込むことにより凹部を形成する工程と、(t4) 前記凹部の底面に電氣的に導通する上部電極層を形成する工程と、を有する請求項3ないし11のいずれかに記載の磁気検出素子の

製造方法。

【請求項15】 前記(g)又は(m)工程の前に、  
(t5)基板上に、下部電極層を形成する工程を有し、  
前記(k)又は(q)の工程の代わりに、(t6)前記  
第2の反強磁性層上にトラック幅方向の中央部に穴部が  
形成された絶縁層を成膜する工程と、(t7)前記絶縁  
層をマスクとして、前記第2の反強磁性層のトラック幅  
方向中央部を削り込むことにより凹部を形成する工程  
と、(t8)前記凹部の底面に電氣的に導通する上部電  
極層を形成する工程と、を有する請求項3ないし11の  
いずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項16】 前記(t3)工程と前記(t4)工程  
の間または前記(t7)工程と前記(t8)工程の間  
に、(u1)前記凹部から前記絶縁層上にかけて他の絶  
縁層を成膜する工程と、(u2)前記凹部の底面上に積  
層された前記他の絶縁層を除去する工程と、を有する請  
求項14または15に記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項17】 前記(s1)工程と前記(a)工程の  
間、前記(t1)工程と前記(g)又は(m)工程の間  
に、或いは前記(t5)工程と前記(g)又は(m)工  
程の間に、

(v1)前記下部電極層のトラック幅方向の中央に、前  
記多層膜方向に突出した突出部を形成する工程と

(v2)前記下部電極層の前記突出部のトラック幅方向  
の両側部に絶縁層を設ける工程とを有し、  
前記(a)、(g)または(m)工程において、  
前記突出部の上面が前記多層膜の下面と接するように、  
前記多層膜を形成する請求項13ないし16のいずれか  
に記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項18】 前記(v2)工程において、  
前記突出部の上面と、前記下部電極層の両側端部に設  
けられた前記絶縁層の上面を同一平面にする請求項17  
記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項19】 前記下部電極層及び／又は前記上部電  
極層を、磁性材料で形成する請求項13ないし18のい  
ずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項20】 前記上部電極層を、前記多層膜と電氣  
的に導通する非磁性導電性材料で形成される層と磁性材  
料で形成される層が積層されたものとして形成する請  
求項13ないし19のいずれかに記載の磁気検出素子の製  
造方法。

【請求項21】 前記非磁性材料層を非磁性導電材料で  
形成する請求項1ないし20のいずれかに記載の磁気検  
出素子の製造方法。

【請求項22】 前記非磁性材料層を絶縁材料で形成す  
る請求項13ないし20のいずれかに記載の磁気検出素  
子の製造方法。

【請求項23】 前記(a)、(g)または(m)工程  
で、前記非磁性層を3Å以上で10Å以下で形成する請  
求項1ないし22のいずれかに記載の磁気検出素子の製

造方法。

【請求項24】 前記(a)、(g)または(m)工程  
で、前記非磁性層を、Ru、Re、Pd、Os、Ir、  
Pt、Au、Rhのいずれか1種または2種以上で形成  
する請求項1ないし23のいずれかに記載の磁気検出素  
子の製造方法。

【請求項25】 前記(a)、(g)または(m)工程  
で、前記フリー磁性層を磁性層の3層構造で形成する請  
求項1ないし24のいずれかに記載の磁気検出素子の製  
造方法。

【請求項26】 前記フリー磁性層をCoFe/NiFe  
/CoFeの3層構造で形成する請求項25記載の磁  
気検出素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は主に、ハードディ  
スク装置や磁気センサなどに用いられる磁気検出素子に係  
り、特に狭トラック化においても適切にフリー磁性層の  
磁化制御を行うことができ、再生特性に優れた磁気検出  
素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】図40は、従来の磁気検出素子の構造を  
記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。

【0003】符号1は基板であり、前記基板1の上に反  
強磁性層2、固定磁性層3、非磁性材料層4及びフリー  
磁性層5からなる多層膜8が形成されている。前記多層  
膜8の両側にはハードバイアス層6が形成され、前記ハ  
ードバイアス層6の上には電極層7が形成されている。

【0004】前記固定磁性層3の磁化は前記反強磁性層  
2との間で発生する交換結合磁界によって図示Y方向に  
固定される。一方、フリー磁性層5の磁化は、ハードバ  
イアス層6からの縦バイアス磁界によって図示X方向に  
揃えられる。

【0005】図40に示すように前記フリー磁性層5の  
トラック幅方向(図示X方向)の幅寸法でトラック幅T  
wが規制され、今後の高記録密度化に伴って前記トラ  
ック幅Twの寸法は益々小さくなっている。

【0006】しかし狭トラック化が進むと、図40に示  
す磁気検出素子の構造では適切にフリー磁性層5の磁化  
制御を行うことができなかった。

【0007】(1)まず図40に示す構造では、狭トラ  
ック化に伴ってフリー磁性層5の幅寸法が短くなってい  
くが、狭トラック化になるほど、ハードバイアス層6か  
らの強い縦バイアス磁界の影響を受ける領域がフリー磁  
性層5内で大きな割合を占める。強い縦バイアス磁界を  
受けた領域は、外部磁界に対して磁化変動しにくい不感  
領域となり、狭トラック化に伴ってこの不感領域の比率  
が大きくなるから再生感度が低下する。

【0008】(2)ハードバイアス層6とフリー磁性層  
5間は磁氣的に不連続状態となりやすい。特に前記ハー

ドバイアス層6とフリー磁性層5間にCrなどで形成されたバイアス下地層が介在するとなおさらである。

【0009】このような磁気的な不連続状態によってフリー磁性層5のトラック幅方向端部の反磁界の影響が強まり、フリー磁性層5の磁化を乱す現象（バックリング現象）が生じ易くなる。このバックリング現象は、狭トラック化になるほど、フリー磁性層5の広い領域に生じ易くなり、これにより再生波形の安定性が低下するといった問題が発生する。

【0010】(3)狭ギャップ化に伴って、ハードバイアス層6からの縦バイアス磁界の一部が、図40に示す磁気検出素子の上下に形成されたシールド層（図示しない）に逃げてしまい、シールド層の磁化状態を乱すと共に、フリー磁性層5に供給されるはずの縦バイアス磁界が弱まり、フリー磁性層5の磁化制御を適切に行うことができない。

【0011】上記した問題点を解消するため、最近では、フリー磁性層5の磁化制御は、フリー磁性層上に反強磁性層を用いたエキスチェンジバイアス方式が採用されつつある。

【0012】エキスチェンジバイアス方式を用いた磁気検出素子は、例えば図41及び図42に示す製造工程を用いて製造される。図41及び図42は、磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。

【0013】図41に示す工程では、基板1上に例えばPtMn合金からなる反強磁性層2を形成し、さらに磁性材料製の固定磁性層3、非磁性材料層4及び磁性材料製のフリー磁性層5を積層形成する。そして前記フリー磁性層5上に前記フリー磁性層5表面が大気暴露されたときに酸化されるのを防止するためのTa膜9を形成する。

【0014】次に図41に示す前記Ta膜9上にリフトオフ用のレジスト層10を形成し、前記レジスト層10に覆われていないトラック幅方向（図示X方向）の両側に露出した前記Ta膜9をイオンミリングですべて除去する。このとき前記Ta膜9下のフリー磁性層5も一部削られる（点線部分が削られる）。

【0015】次に図42に示す工程ではレジスト層10の両側に露出したフリー磁性層5上に強磁性層11、IrMn合金などで形成された第2反強磁性層12、および電極層13を連続成膜する。そして図42に示すレジスト層10を除去すると、エキスチェンジバイアス方式を用いた磁気検出素子が完成する。

【0016】そして図42に示す磁気検出素子では、強磁性層11間のトラック幅方向（図示X歩行）の間隔でトラック幅Twを規制でき、前記強磁性層11は前記第2反強磁性層12との間で発生する交換結合磁界によって図示X方向に強固に固定される。これにより前記強磁性層11下に位置するフリー磁性層5の両側端部Aは、前記強磁性層11との間の強磁性結合によって図示X方

向に強固に固定され、トラック幅Tw領域のフリー磁性層5の中央部Bは外部磁界に対し磁化変動できる程度に弱く単磁区化されていると考えられた。

【0017】このエキスチェンジバイアス方式を用いた磁気検出素子であれば、上記した(1)～(3)の問題点を適切に解消できるものと期待された。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら図41及び図42に示す製造工程で形成された磁気検出素子では以下のような課題が生じた。

【0019】(1)まず第1に、図41に示す工程でのイオンミリング時に、Ta膜9のみならず、その下に形成されたフリー磁性層5の一部までも削れてしまい、またイオンミリング時に使用されるArなどの不活性ガスが露出したフリー磁性層5表面から内部に入り込みやすくなり、以上のようなイオンミリングによるダメージによって前記フリー磁性層5の表面部分5aの結晶構造が壊れたり、あるいは格子欠陥が発生しやすくなる（Mixing効果）。これによって前記フリー磁性層5の表面部分5aの磁気特性が劣化しやすい。

【0020】図41工程のイオンミリング時にTa膜9のみを削り、フリー磁性層5が削られないようにできれば最も好ましいが、実際にそのようにミリング制御することは難しい。

【0021】その理由は、フリー磁性層5上に形成されたTa膜9の膜厚にある。前記Ta膜9の膜厚は成膜時で30Å～50Å程度で形成される。この程度の厚い膜厚でなければフリー磁性層5が酸化されるのを適切に防止できないからである。

【0022】ところがTa膜9は、大気に曝されたり、固定磁性層3や強磁性層11と反強磁性層2、12間で交換結合磁界を発生させるための磁場中アニールによって酸化され、その酸化された部分の膜厚が膨張し、前記Ta膜9全体の膜厚は成膜段階よりも厚くなる。例えばTa膜9の膜厚が成膜時30Å程度であったとき、酸化によって前記Ta膜9の膜厚は45Å程度にまで大きくなってしまう。

【0023】従って酸化によって膜厚が大きくなったTa膜9を効果的にミリングで除去するには、高エネルギーのイオンミリングを使用する必要がある。高エネルギーのイオンミリングであるからミリングレートは速く、膜厚の厚いTa膜9をイオンミリングで除去した瞬間に、ミリングを止めることは不可能に近い。すなわち高エネルギーになればなるほどミリング止め位置のマージンを広く取る必要がある。このため前記Ta膜の下に形成されたフリー磁性層5も一部削られてしまい、このとき高エネルギーのイオンミリングによって余計にフリー磁性層5は大きなダメージを受けやすく磁気特性の劣化が顕著になる。

【0024】(2)また図41に示すようにフリー磁性



層5の途中でイオンミリングを止めることも、高エネルギーのイオンミリングを使用することと合わせて、フリー磁性層5の膜厚が30Å～40Å程度に薄く形成されるので難しい。すなわち最悪の場合、フリー磁性層5の両側端部Aがすべてイオンミリングで除去されることもある。このようにフリー磁性層5の膜厚が薄いために前記フリー磁性層5の途中でイオンミリングを止めること自体が難しい。

【0025】(3) 上記のようにイオンミリングで露出したフリー磁性層5表面は、前記イオンミリングによるダメージによって磁気特性が劣化している。このため前記フリー磁性層5上に積層される強磁性層11との間の磁気的な結合(強磁性的な交換相互作用)は十分ではなく、このため強磁性層11の膜厚を厚く形成する必要がある。

【0026】しかし強磁性層11の膜厚を厚く形成すると今度は反強磁性層12間で発生する交換結合磁界が弱まるため、結局、フリー磁性層5の両側端部Aを強固に磁化固定できず、サイドリーディングの問題が発生し、狭トラック化に適切に対応可能な磁気検出素子を製造できなくなる。

【0027】また強磁性層11を厚く形成しすぎると、前記強磁性層11の内側側面から前記フリー磁性層5の中央部Bに余分な静磁界が及びやすくなり、磁化反転可能なフリー磁性層5の中央部Bの外部磁界に対する感度が低下しやすい。

【0028】以上のように、フリー磁性層5上にTa膜9を形成し、前記Ta膜9の両側を削って露出したフリー磁性層5上に強磁性層11及び第2反強磁性層12を重ね合わせる磁気検出素子の構造では、依然としてフリー磁性層5の磁化制御を適切に行えず、狭トラック化に適切に対応可能な磁気検出素子を製造することができなかった。

【0029】そこで本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、エキスチェンジバイアス方式において、フリー磁性層の磁化制御を適切に行うことができ、狭トラック化に適切に対応可能な磁気検出素子の製造方法を提供することを目的とする。

【0030】

【課題を解決するための手段】本発明は、以下の工程を有することを特徴とする磁気検出素子の製造方法である。

(a) 基板上に、下から第1反強磁性層、固定磁性層、非磁性材料層、フリー磁性層、及び貴金属材料からなる非磁性層の順に積層された多層膜を形成する工程と、

(b) 第1の磁場中アニールを施して、前記第1反強磁性層と固定磁性層間に交換結合磁界を発生させ、前記固定磁性層の磁化方向を固定する工程と、(c) 前記非磁性層の両側端部を除去し、前記フリー磁性層の両側端部表面を露出させる工程と、(d) 前記非磁性層の両側に

露出した前記フリー磁性層上に、強磁性層を形成する工程と、(e) 前記強磁性層上に、第2反強磁性層を形成する工程と、(f) 第2の磁場中アニールを施し、前記第2反強磁性層と前記強磁性層間に交換結合磁界を発生させ、前記強磁性層及び前記フリー磁性層の両側端部の磁化を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に固定する工程。

【0031】本発明の前記(a)工程における、前記非磁性層は、前記フリー磁性層を大気暴露による酸化から防止するためのものである。

【0032】本発明では、前記非磁性層が貴金属材料によって形成されている。これら貴金属は、酸化されにくい材質である。従来使用されていたTa膜は、貴金属材料に比べて酸化されやすいので好ましくない。本発明ではTa膜に代えて貴金属を使用することで、非磁性層の膜厚が薄くても十分な酸化防止効果を発揮するため、前記(c)工程で、低エネルギーのイオンミリングを使用でき、効果的に狭トラック化に優れた磁気検出素子を製造することが可能になっている。

【0033】低エネルギーのイオンミリングはミリングレートが遅く、ミリング止め位置のマージンを狭くすることが可能になる。特に、前記非磁性層をイオンミリングで除去した瞬間にミリングを止めることも可能になる。従って、フリー磁性層はイオンミリングによって大きなダメージを受けなくなる。

【0034】このため前記フリー磁性層上に積層される前記強磁性層との間の磁気的な結合(強磁性的な交換相互作用)は強くなり、前記強磁性層の膜厚を薄く形成することができる。

【0035】前記強磁性層の膜厚を薄くすると第2反強磁性層と前記強磁性層間で発生する交換結合磁界が強くなり、前記フリー磁性層の両側端部を強固に磁化固定できるようになる。すなわち、サイドリーディングを抑え、狭トラック化に適切に対応可能な磁気検出素子を製造できる。

【0036】また前記強磁性層を薄くすると、前記強磁性層の内側側面から前記フリー磁性層の中央部に余分な静磁界が入り込むことも抑制でき、磁化反転可能なフリー磁性層の中央部の外部磁界に対する感度の低下を防止できる。

【0037】本発明では、前記強磁性層の膜厚を5Å～50Åに設定することができる。なお、前記フリー磁性層の受けるダメージとは、例えば、イオンミリング時に使用されるArなどの不活性ガスが露出した前記フリー磁性層の表面から内部に入り込むことや、前記フリー磁性層の表面部分の結晶構造が壊れ、格子欠陥が発生する(Mixing効果)ことである。これらのダメージによって前記フリー磁性層の表面部分の磁気特性が劣化しやすい。

【0038】また、本発明は、以下の工程を有すること

を特徴とする磁気検出素子の製造方法である。

(g) 基板上に、下から第1反強磁性層、固定磁性層、非磁性材料層、フリー磁性層、中間反強磁性層及び貴金属からなる非磁性層の順で積層された多層膜を形成する工程と、(h) 第1の磁場中アニールを施して、前記第1反強磁性層と固定磁性層間に交換結合磁界を発生させ、前記固定磁性層の磁化方向を固定する工程と、

(i) 前記非磁性層を全部除去して、前記中間反強磁性層の表面を露出させる工程と、(j) 前記中間反強磁性層上に第2反強磁性層を形成する工程と、(k) 前記第2反強磁性層の中央部を削る工程と、(l) 第2の磁場中アニールを施して、第2反強磁性層下の中間反強磁性層の両側端部と、フリー磁性層の両側端部間に交換結合磁界を発生させ、前記フリー磁性層の両側端部の磁化を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に固定する工程。

【0039】前記(g)工程で、前記中間反強磁性層上に設けられた非磁性層は、前記中間反強磁性層を大気暴露による酸化から防止するためのものである。

【0040】本発明でも、非磁性層に貴金属材料を使用することで、非磁性層の膜厚が薄くても十分な酸化防止効果を発揮するため、前記(i)工程で、低エネルギーのイオンミリングを使用でき、効果的に狭トラック化に優れた磁気検出素子を製造することが可能になっている。

【0041】さらに、本発明ではフリー磁性層上は前記中間反強磁性層で覆われているので、イオンミリングによるダメージをフリー磁性層が受けるという問題は発生しない。

【0042】また、前記非磁性層を形成するための貴金属材料は、前記中間反強磁性層の材料と混合したときに、この混合物が反強磁性を示すものであると、前記貴金属元素がアニールなどによって前記中間反強磁性層の内部に拡散しても、前記中間反強磁性層の反強磁性が劣化することがないので好ましい。

【0043】本発明では前記中間反強磁性層の膜厚を抑えることにより、前記中間反強磁性層の中央部とフリー磁性層の中央部間で大きな交換結合磁界が発生するのを防止できる。

【0044】具体的には、本発明では、前記中間反強磁性層の膜厚を10Å以上で50Å以下にすることが好ましく、より好ましくは、30Å以上で40Å以下である。この程度の膜厚であれば前記中間反強磁性層の中央部とフリー磁性層の中央部間で交換結合磁界は発生しないし、発生してもその値は非常に小さい。

【0045】また、本発明では、前記(k)工程で、第2反強磁性層の中央部を全て除去して、前記中間反強磁性層を露出させてもよい。

【0046】また、前記第2反強磁性層の中央部を全て除去し、さらに露出した前記中間反強磁性層も除去し

て、フリー磁性層を露出させることも可能である。この場合は、前記フリー磁性層の中央部上に反強磁性層を設けないことになる。

【0047】本発明では、前記(k)工程で、前記フリー磁性層の中央部上に形成された反強磁性層の膜厚を50Å以下にする、または前記フリー磁性層の中央部上に反強磁性層を残さないことが好ましい。特に、前記フリー磁性層の中央部上に形成された反強磁性層の膜厚を40Å以下にすることがより好ましい。

【0048】前記フリー磁性層の中央部上に形成された反強磁性層の膜厚を50Å以下にすると、前記フリー磁性層の中央部上に設けられた前記中間反強磁性層は非反強磁性の性質を有する。また、前記フリー磁性層の両側端部上の反強磁性層を80～500Å、好ましくは100～300Åと厚くすると、前記中間反強磁性層の両側端部は反強磁性の性質を有するようになる。これによって前記フリー磁性層の中央部と前記中間反強磁性層の中央部間では交換結合磁界が発生せず、前記フリー磁性層の中央部の磁化がトラック幅方向に強固に固定されることが無く、外部磁界に対し磁化反転できる程度に弱く磁化される。

【0049】一方、前記中間反強磁性層の両側端部は、その上に形成された第2反強磁性層と合わせて一体の反強磁性層のようになるため、磁場中アニールによって前記中間反強磁性層の両側端部は規則化変遷し、前記中間反強磁性層の両側端部とフリー磁性層の両側端部間で適切な大きさの交換結合磁界が発生し、これによって、前記フリー磁性層の両側端部はトラック幅方向に強固に固定された状態になる。

【0050】本発明では、フリー磁性層に大きなダメージを与えることがなく、またフリー磁性層の両側端部を強固に固定でき、中央部の磁化を外部磁界に対し磁化反転可能な程度に揃えることができ、前記フリー磁性層の磁化制御を適切に行うことが可能である。

【0051】すなわち、本発明では狭トラック化においても再生感度がよく再生特性に優れた磁気検出素子を製造することが可能になっている。

【0052】あるいは、本発明は、以下の工程を有することを特徴とする磁気検出素子の製造方法である。

(m) 基板上に、下から第1反強磁性層、固定磁性層、非磁性材料層、フリー磁性層、及び貴金属からなる非磁性層の順で積層された多層膜を形成する工程と、(n) 第1の磁場中アニールを施して、前記第1反強磁性層と固定磁性層間に交換結合磁界を発生させ、前記固定磁性層の磁化方向を固定する工程と、(o) 前記非磁性層を全部除去して、前記フリー磁性層の表面を露出させる工程と、(p) 前記フリー磁性層上に強磁性層及び第2反強磁性層を順に形成する工程と、(q) 前記第2反強磁性層及び前記強磁性層の中央部を除去する工程と、

(r) 第2の磁場中アニールを施して、前記第2反強磁

性層と前記強磁性層間に交換結合磁界を発生させ、前記強磁性層及び前記フリー磁性層の両側端部の磁化を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に固定する工程。

【0053】本発明の前記(m)工程における、前記非磁性層も、前記フリー磁性層を大気暴露による酸化から防止するためのものである。

【0054】本発明でも、前記非磁性層が酸化されにくい貴金属材料によって形成されている。本発明では貴金属を使用することで、非磁性層の膜厚が薄くても十分な酸化防止効果を発揮するため、前記(o)工程で、低エネルギーのイオンミリングを使用でき、効果的に狭トラック化に優れた磁気検出素子を製造することが可能になっている。

【0055】また、低エネルギーのイオンミリングを使用して前記フリー磁性層に大きなダメージを与えないようにできるので、前記強磁性層の膜厚を薄くできる。

【0056】前記強磁性層の膜厚を薄くすると第2反強磁性層と前記強磁性層間で発生する交換結合磁界が強くなり、前記フリー磁性層の両側端部を強固に磁化固定できるようになる。すなわち、サイドリーディングを抑え、狭トラック化に適切に対応可能な磁気検出素子を製造できる。

【0057】また前記強磁性層を薄くすると、前記強磁性層の内側側面から前記フリー磁性層の中央部に余分な静磁界が入り込むことも抑制でき、磁化反転可能なフリー磁性層の中央部の外部磁界に対する感度の低下を防止できる。

【0058】本発明では、前記強磁性層の膜厚を5Å〜50Åに設定することができる。なお、前記第2の反強磁性層上に、トラック幅方向に間隔をあけて一対の電極層を積層する工程を有することにより、電流が前記多層膜の各層の膜面に対し平行な方向に流れるCIP型の磁気検出素子を形成することができる。

【0059】また、前記多層膜の上下に上部電極層及び下部電極層が設けられ、電流は前記多層膜の各層の膜面に対し垂直方向に流れるいわゆるCPP(current perpendicular to the plane)型の磁気検出素子を形成するときには、前記(a)工程の前に、(s1)基板上に、下部電極層を形成する工程を有し、前記(e)工程の後に、(s2)前記第2の反強磁性層上に、前記第2の反強磁性層を覆いトラック幅方向の中央部に穴部が設けられた絶縁層を積層する工程と、(s3)前記多層膜層に電氣的に導通する上部電極層を形成する工程と、を有することが好ましい。

【0060】または、前記(g)又は(m)工程の前に、(t1)基板上に、下部電極層を形成する工程を有し、前記(k)又は(q)の工程の代わりに、(t2)前記第2の反強磁性層上に絶縁層を成膜する工程と、(t3)前記絶縁層上に、トラック幅方向の中央部に穴部を設けたレジストを積層し、前記絶縁層及び前記第2

の反強磁性層の前記穴部に露出する部位を削り込むことにより凹部を形成する工程と、(t4)前記凹部の底面に電氣的に導通する上部電極層を形成する工程と、を有することが好ましい。

【0061】または、前記(g)又は(m)工程の前に、(t5)基板上に、下部電極層を形成する工程を有し、前記(k)又は(q)の工程の代わりに、(t6)前記第2の反強磁性層上にトラック幅方向の中央部に穴部が形成された絶縁層を成膜する工程と、(t7)前記絶縁層をマスクとして、前記第2の反強磁性層のトラック幅方向中央部を削り込むことにより凹部を形成する工程と、(t8)前記凹部の底面に電氣的に導通する上部電極層を形成する工程と、を有することが好ましい。

【0062】さらに、前記(t3)工程と前記(t4)工程の間または前記(t7)工程と前記(t8)工程の間に、(u1)前記凹部から前記絶縁層上にかけて他の絶縁層を成膜する工程と、(u2)前記凹部の底面上に積層された前記他の絶縁層を除去する工程と、を有することがより好ましい。

【0063】また、CPP型の磁気検出素子の下部電極層を形成するときには、前記(s1)工程と前記(a)工程の間、前記(t1)工程と前記(g)又は(m)工程の間或いは前記(t5)工程と前記(g)又は(m)工程の間に、(v1)前記下部電極層のトラック幅方向の中央に、前記多層膜方向に突出した突出部を形成する工程と(v2)前記下部電極層の前記突出部のトラック幅方向の両側部に絶縁層を設ける工程とを有し、前記(a)、(g)または(m)工程において、前記突出部の上面が前記多層膜の下面と接するように、前記多層膜を形成することが好ましい。

【0064】さらに、前記(v2)工程において、前記突出部の上面と、前記下部電極層の両側端部上に設けられた前記絶縁層の上面を同一平面にすることがより好ましい。

【0065】また、前記下部電極層及び／又は前記上部電極層を磁性材料で形成すると、前記下部電極層が下部シールド層を兼用し、前記上部電極層が上部シールド層を兼用することができるので好ましい。

【0066】なお、前記上部電極層を、前記多層膜と電氣的に導通する非磁性導電性材料で形成される層と磁性材料で形成される層が積層されたものとして形成してもよい。

【0067】また本発明では、前記非磁性材料層を非磁性導電材料で形成することが好ましい。前記非磁性材料層が非磁性導電材料で形成された磁気検出素子を、スピンバルブGMR型磁気抵抗効果素子(CPP-GMR)と呼んでいる。

【0068】また本発明では、CPP型の磁気検出素子である場合、前記非磁性材料層を絶縁材料で形成してもよい。この磁気検出素子をスピンバルブトンネル型磁気

抵抗効果型素子 (CPP-TMR) と呼んでいる。

【0069】本発明では、前記 (a)、(g) または (m) 工程で、前記非磁性層を薄く形成しても、十分な酸化防止効果を得ることができることを先に述べたが、具体的には、前記非磁性層を  $3\text{\AA}$  以上で  $10\text{\AA}$  以下で形成することができる。

【0070】本発明では、前記 (a)、(g) または (m) 工程で、前記非磁性層を、Ru、Re、Pd、Os、Ir、Pt、Au、Rh のいずれか 1 種または 2 種以上で形成することが好ましい。

【0071】なお、従来使用されていた Ta 膜は、反強磁性層の内部に拡散すると、反強磁性層の性質 (機能) を劣化させるものであった。

【0072】また、本発明では、前記 (a)、(g) または (m) 工程で、前記フリー磁性層を磁性層の 3 層構造で形成することが好ましい。例えば、前記フリー磁性層を CoFe/NiFe/CoFe の 3 層構造で形成することが好ましい。

【0073】

【発明の実施の形態】図 1 ないし図 4 は本発明の磁気検出素子の製造方法を示す工程図である。図 1 ないし図 4 に示す各工程は記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。

【0074】本発明によって形成される磁気検出素子は、記録媒体に記録された記録信号を再生するための MR ヘッドである。記録媒体との対向面は、例えば磁気検出素子を構成する薄膜の膜面に垂直で且つ磁気検出素子のフリー磁性層の外部磁界 (記録信号磁界) が印加されていないときの磁化方向と平行な平面である。図 1 では、記録媒体との対向面は X-Z 平面に平行な平面である。

【0075】なお、磁気検出素子が浮上式の磁気ヘッドに用いられる場合、記録媒体との対向面とは、いわゆる ABS 面のことである。

【0076】また磁気検出素子は、例えばアルミナ-チタンカーバイト ( $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ ) で形成されたスライダのトレーリング端面上に形成される。スライダは、記録媒体との対向面と逆面側で、ステンレス材などによる弾性変形可能な支持部材と接合され、磁気ヘッド装置が構成される。

【0077】なお、トラック幅方向とは、外部磁界によって磁化方向が変動する領域の幅方向のことであり、例えば、フリー磁性層の外部磁界が印加されていないときの磁化方向、すなわち図示 X 方向である。トラック幅方向のフリー磁性層の幅寸法が磁気検出素子のトラック幅 Tw を規定する。

【0078】なお、記録媒体は磁気検出素子の記録媒体との対向面に対向しており、図示 Y 方向に移動する。この記録媒体からの洩れ磁界方向は図示 Y 方向である。

【0079】図 1 に示す工程では、基板 20 上に、シー

ドレイヤ 21、第 1 反強磁性層 22、固定磁性層 23、非磁性材料層 27、フリー磁性層 28、および非磁性層 31 を連続成膜する。成膜にはスパッタや蒸着法が使用される。

【0080】シードレイヤ 21 は、NiFe 合金、NiFeCr 合金あるいは Cr など形成される。シードレイヤ 21 は、例えば  $(\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2})_{60\text{at}\%}\text{Cr}_{40\text{at}\%}$  の膜厚  $60\text{\AA}$  で形成される。

【0081】シードレイヤ 21 の上には第 1 反強磁性層 22 が形成されている。第 1 反強磁性層 22 は、PtMn 合金、または、X-Mn (ただし X は、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Ni、Fe のいずれか 1 種または 2 種以上の元素である) 合金で、あるいは Pt-Mn-X' (ただし X' は、Pd、Ir、Rh、Ru、Au、Ag、Os、Cr、Ni、Ar、Ne、Xe、Kr のいずれか 1 または 2 種以上の元素である) 合金で形成される。

【0082】第 1 反強磁性層 22 として、これらの合金を使用し、これを熱処理することにより、大きな交換結合磁界を発生する第 1 反強磁性層 22 及び固定磁性層 23 の交換結合膜を得ることができる。特に、PtMn 合金であれば、 $48\text{ kA/m}$  以上、例えば  $64\text{ kA/m}$  を越える交換結合磁界を有し、交換結合磁界を失うブロッキング温度が  $380^\circ\text{C}$  と極めて高い優れた第 1 反強磁性層 22 及び固定磁性層 23 の交換結合膜を得ることができる。

【0083】これらの合金は、成膜直後の状態では、不規則系の面心立方構造 (fcc) であるが、熱処理によって CuAu I 型の規則型の面心正方構造 (fct) に構造変態する。

【0084】第 1 反強磁性層 22 の膜厚は、 $80\sim 300\text{\AA}$  である。第 1 反強磁性層 22 の上には、固定磁性層 23 が形成されている。固定磁性層 23 は人工フェリ構造となるものである。固定磁性層 23 は磁性層 24、26 とその間に介在する非磁性中間層 25 の 3 層構造である。

【0085】磁性層 24、26 は、例えば NiFe 合金、Co、CoNiFe 合金、CoFe 合金、CoNi 合金などの磁性材料で形成される。磁性層 24 と磁性層 26 は、同一の材料で形成されることが好ましい。

【0086】また、非磁性中間層 25 は、非磁性材料により形成されるもので、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cu のうち 1 種またはこれらの 2 種以上の合金で形成されている。特に Ru によって形成されることが好ましい。

【0087】磁性層 24、26 は、それぞれ  $10\sim 70\text{\AA}$  程度で形成される。また非磁性中間層 25 の膜厚は  $3\text{\AA}\sim 10\text{\AA}$  程度で形成される。

【0088】なお固定磁性層 23 は上記したいずれかの磁性材料を使用した 1 層構造あるいは上記したいずれか

の磁性材料からなる層とC<sub>o</sub>層などの拡散防止層の2層構造で形成されていても良い。

【0089】固定磁性層23の上には、非磁性材料層27が形成されている。非磁性材料層27は、固定磁性層23とフリー磁性層28との磁気的な結合を防止し、またセンス電流が主に流れる層であり、Cu、Cr、Au、Agなど導電性を有する非磁性材料により形成されることが好ましい。特にCuによって形成されることが好ましい。非磁性材料層27は例えば18~30Å程度の膜厚で形成される。

【0090】非磁性材料層27の上にはフリー磁性層28が形成されている。図1に示す実施形態ではフリー磁性層28は2層構造である。符号29の層は、C<sub>o</sub>やC<sub>o</sub>Feなどからなる拡散防止層である。この拡散防止層29はフリー磁性層28と非磁性材料層27の相互拡散を防止する。そして、この拡散防止層29の上にNiFe合金などで形成された磁性材料層30が形成されている。フリー磁性層28は、30~50Å程度で形成される。

【0091】また図1工程のようにフリー磁性層28上に非磁性層31を形成することで、図1に示す積層体が大気暴露されてもフリー磁性層28が酸化されるのを適切に防止できる。

【0092】ここで非磁性層31は大気暴露によって酸化されにくい緻密な層である必要がある。

【0093】本発明では非磁性層31を貴金属を用いて形成する。例えば、Ru、Re、Pd、Os、Ir、Pt、Au、Rhのいずれか1種または2種以上からなる貴金属で形成することが好ましい。

【0094】Ruなどの貴金属を用いてスパッタ成膜することにより、大気暴露によって酸化されにくい緻密な非磁性層31を得ることができる。したがって非磁性層31の膜厚を薄くしてもフリー磁性層28が大気暴露によって酸化されるのを適切に防止できる。

【0095】本発明では非磁性層31を3Å以上で10Å以下で形成することが好ましい。より好ましくは、3Å以上で8Å以下で形成することである。この程度の薄い膜厚の非磁性層31によってもフリー磁性層28が大気暴露によって酸化されるのを適切に防止することが可能である。

【0096】このように薄い膜厚で非磁性層31を形成したことによって図2工程でのイオンミリングを低エネルギーで行うことができミリング制御を従来に比べて向上させることができる。この点については図2工程で詳しく説明する。

【0097】図1に示すように基板20上に非磁性層31までの各層を積層した後、第1の磁場中アニールを施す。トラック幅Tw(図示X方向)と直交する方向である第1の磁界(図示Y方向)を印加しつつ、第1の熱処理温度で熱処理し、第1の反強磁性層22と固定磁性層

23を構成する磁性層24との間に交換結合磁界を発生させて、磁性層24の磁化を図示Y方向、すなわちハイト方向に固定する。もう一方の磁性層26の磁化は、磁性層24との間で働くRKKY相互作用による交換結合によって図示Y方向とは逆方向に固定される。なお例えば第1の熱処理温度を270℃とし、磁界の大きさを800k(A/m)とする。

【0098】また上記した第1の磁場中アニールによって、非磁性層31を構成するRuなどの貴金属元素が、フリー磁性層28内部に拡散するものと考えられる。従って熱処理後におけるフリー磁性層28の表面近くの構成元素は、フリー磁性層を構成する元素と貴金属元素とから構成される。またフリー磁性層28内部に拡散した貴金属元素は、フリー磁性層28の下面側よりもフリー磁性層28の表面側の方が多く、拡散した貴金属元素の組成比は、フリー磁性層28の表面から下面に向うに従って徐々に減るものと考えられる。このような組成変調は、SIMS分析装置など薄膜の化学組成を分析する装置で確認することが可能である。

【0099】次に図2に示す工程では非磁性層31の上面にレジスト層を形成し、このレジスト層を露光現像することによって図2に示す形状のレジスト層49を非磁性層31上に残す。レジスト層49は例えばリフトオフ用のアンダーカット形状を有するレジスト層である。

【0100】次にレジスト層49に覆われていない非磁性層31の両側端部31aを、図2に示す矢印H方向からのイオンミリングで削って除去する(図13に示す点線部分の非磁性層31が除去される)。

【0101】図2に示すイオンミリング工程では、低エネルギーのイオンミリングを使用できる。その理由は、非磁性層31が3Å~10Å程度の非常に薄い膜厚で形成されているからである。

【0102】低エネルギーのイオンミリングとは、ビーム電圧(加速電圧)が1000V未満のイオンビームを用いたイオンミリングであると定義される。例えば、150V~500Vのビーム電圧が用いられる。本実施の形態では、200Vの低ビーム電圧のアルゴン(Ar)イオンビームを用いている。

【0103】これに対し、例えば図21に示す従来例のようにTa膜9を使用すると、このTa膜9自体、大気暴露によって酸化されるので、30Å~50Å程度の厚い膜厚で形成しないと、十分にその下の層を酸化から保護できず、しかもTa膜9は酸化によって体積が大きくなり、Ta膜9の膜厚は約50Å以上にまで膨れ上がる。

【0104】このような厚い膜厚のTa膜9をイオンミリングで除くには、高エネルギーのイオンミリングでTa膜9を除去する必要があり、高エネルギーのイオンミリングを使用すると、Ta膜9のみが除去されるようにミリング制御することは非常に難しい。

【0105】従って、Ta膜9の下に形成されているフリー磁性層5も深く削られ、フリー磁性層5に、イオンミリング時に使用されるArなどの不活性ガスが露出したフリー磁性層の表面から内部に入り込んだり、フリー磁性層の表面部分の結晶構造が壊れ、格子欠陥が発生(Mixing効果)する。これらのダメージによってフリー磁性層の磁気特性が劣化しやすい。また、約50Å以上の膜厚を有するTa膜9を低エネルギーのイオンミリングで削ると処理時間がかかりすぎて実用的でなくなる。また、Taは前記貴金属に比べると、成膜時にフリー磁性層に拡散浸入しやすく、Ta膜9のみを削って除去できたとしても、露出したフリー磁性層表面には、Taが混入する。Taが混入したフリー磁性層は、磁気特性が劣化する。

【0106】一方、本発明では、低エネルギーのイオンミリングによって非磁性層31を削ることができる。低エネルギーのイオンミリングはミリングレートが遅く、ミリング止め位置のマージンを狭くすることが可能になる。特に、非磁性層31をイオンミリングで除去した瞬間にミリングを止めることも可能になる。従って、フリー磁性層28はイオンミリングによって大きなダメージを受けなくなる。なお、図2工程におけるイオンミリングの入射角度は、基板20表面に対する法線方向から30°～70°にすることが好ましい。また、イオンミリングの処理時間は数秒～10分程である。

【0107】このため、次工程で、フリー磁性層28上に積層される強磁性層32の膜厚を薄くしても、フリー磁性層28と強磁性層32との間の磁気的な結合(強磁性的な交換相互作用)を強くできる。

【0108】次に図3工程を施す。図3工程では、フリー磁性層28の両側端部28a上に、強磁性層32、第2反強磁性層33、電極層34を真空中で連続成膜する。成膜にはスパッタや蒸着法を使用できる。成膜された第2反強磁性層33の内側端部33a及び電極層34の内側端部34aは、下面から上面に向うにしたがって(図示Z方向)、徐々に第2反強磁性層33間の間隔が広がる傾斜面あるいは湾曲面で形成される。

【0109】またこの実施形態では強磁性層32の下面間の間隔でトラック幅Twが規定される。

【0110】第2反強磁性層33に使用される材質は、第1反強磁性層22に使用される反強磁性材料と同じものであることが好ましい。

【0111】また図3に示す工程では、第2反強磁性層33の膜厚が80Å以上で500Å以下の厚い膜厚となるように、第2反強磁性層33の膜厚を調整することが好ましい。

【0112】図3に示すように電極層34まで積層形成した後、強磁性層32を構成する元素からなる強磁性材料の膜32b、第2反強磁性層33を構成する元素からなる反強磁性材料の膜33b及び電極層34を構成する

元素からなる電極材料の膜34bが付着したレジスト層49を有機溶剤などを用いたリフトオフで除去する。

【0113】強磁性層32は、フリー磁性層28の磁性材料層30或いは拡散防止層29と同じ材料で形成される。

【0114】電極層34は、例えば、Au、W、Cr、Ru、Rh、Taなどで形成される。電極層34の膜厚は300Å～1000Åである。

【0115】次に第2の磁場中アニールを施す。このときの磁場方向は、トラック幅方向(図示X方向)である。なおこの第2の磁場中アニールは、第2の印加磁界を、第1反強磁性層22の交換異方性磁界よりも小さく、しかも熱処理温度を、第1反強磁性層22のブロック温度よりも低くする。これによって第1反強磁性層22の交換異方性磁界の方向をハイト方向(図示Y方向)に向けたまま、第2反強磁性層33の交換異方性磁界をトラック幅方向(図示X方向)に向けることができる。なお第2の熱処理温度は例えば250℃であり、磁界の大きさは8～30(kA/m)、例えば24k(A/m)である。

【0116】なお、第2の印加磁界を強磁性層32とフリー磁性層28の反磁界及び保磁力より大きくすることが好ましい。

【0117】このため上記の第2の磁場中アニールによって、第2反強磁性層33は適切に規則化変態し、第2反強磁性層33と強磁性層32との間に適切な大きさの交換結合磁界が発生する。さらに、強磁性層32とフリー磁性層28の両側端部Cとの間に、交換相互作用に基づく強磁性結合が発生し、これによってフリー磁性層28の両側端部Cの磁化は、トラック幅方向(図示X方向)に固定される。

【0118】なお、フリー磁性層28の中央部Dの磁化は外部磁界に対し磁化反転できる程度に弱く単磁区化された状態である。

【0119】また、図2工程で、ミリング角度を基板20表面の垂直方向に対し50°から60°、ミリング時間を30秒から50秒で行うと、非磁性層31が完全に除去され、フリー磁性層28の表面がわずかに削られた状態になるが、フリー磁性層28はイオンミリングによって大きなダメージを受けないため、強磁性層32とフリー磁性層28の両側端部Cとの間には適切な強磁性結合が発生し、交換バイアス磁界の大きさを32～72(kA/m)にすることも可能になる。

【0120】本発明では、フリー磁性層28上に積層される強磁性層32の膜厚を薄くしても、フリー磁性層28と強磁性層32との間の磁気的な結合(強磁性的な交換相互作用)を強くできる。

【0121】強磁性層32の膜厚を薄くすると第2反強磁性層33と強磁性層32間で発生する交換結合磁界が強くなり、フリー磁性層の両側端部を強固に磁化固定で



きるようになる。すなわち、サイドリーディングを抑え、狭トラック化に適切に対応可能な磁気検出素子を製造できる。

【0122】また強磁性層32を薄くすると、強磁性層32の内側側面からフリー磁性層28の中央部Dに余分な静磁界が入り込むことも抑制でき、磁化反転可能なフリー磁性層28の中央部Dの外部磁界に対する感度の低下を防止できる。

【0123】本発明では、強磁性層32の膜厚を5Å～50Åに設定することができる。こうして、図4に示される磁気検出素子が得られる上記のように本発明の製造方法によれば従来に比べて適切にフリー磁性層28の磁化制御を行うことができ、狭トラック化においても再生感度に優れた磁気検出素子を製造することができる。

【0124】図5ないし図8に示す製造工程は第2の本発明の磁気検出素子の製造方法を示す一工程図である。各図は記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。

【0125】まず図5工程では、基板20上に、シードレイヤ21、第1反強磁性層22、固定磁性層23、非磁性材料層27、フリー磁性層28、中間反強磁性層41、および非磁性層31を連続成膜する。成膜にはスパッタや蒸着法が使用される。図5に示す固定磁性層23は、例えばCoFe合金などで形成された磁性層24と磁性層26と、両磁性層24、26間に介在するRuなどの非磁性の中間層25との積層フェリ構造である。フリー磁性層28は、CoFe合金などの拡散防止層29とNiFe合金などの磁性材料層30との積層構造である。

【0126】シードレイヤ21はCrまたはNiFeCrで形成し、非磁性材料層27はCuで形成している。

【0127】本発明では第1反強磁性層22及び中間反強磁性層41を、PtMn合金、または、X-Mn（ただしXは、Pd, Ir, Rh, Ru, Os, Ni, Feのいずれか1種または2種以上の元素である）合金で、あるいはPt-Mn-X'（ただしX'は、Pd, Ir, Rh, Ru, Au, Ag, Os, Cr, Ni, Ar, Ne, Xe, Krのいずれか1または2種以上の元素である）合金で形成することが好ましい。

【0128】また前記PtMn合金及び前記X-Mnの式で示される合金において、PtあるいはXが37～63at%の範囲であることが好ましい。また、前記PtMn合金及び前記X-Mnの式で示される合金において、PtあるいはXが47～57at%の範囲であることがより好ましい。特に規定しない限り、～で示す数値範囲の上限と下限は以下、以上を意味する。

【0129】また、Pt-Mn-X'の式で示される合金において、X'+Ptが37～63at%の範囲であることが好ましい。また、前記Pt-Mn-X'の式で示される合金において、X'+Ptが47～57at%

の範囲であることがより好ましい。さらに、前記Pt-Mn-X'の式で示される合金において、X'が0.2～10at%の範囲であることが好ましい。ただし、X'がPd, Ir, Rh, Ru, Os, Ni, Feのいずれか1種または2種以上の元素である場合には、X'は0.2～40at%の範囲であることが好ましい。

【0130】また本発明では第1反強磁性層22の膜厚を80Å以上で300Å以下で形成することが好ましい。この程度の厚い膜厚で第1反強磁性層22を形成することにより磁場中アニールで、第1反強磁性層22と固定磁性層23間に大きな交換結合磁界を発生させることができる。具体的には、48kA/m以上、例えば64kA/mを超える交換結合磁界を発生させることができる。

【0131】また本発明では中間反強磁性層41の膜厚を10Å以上で50Å以下で形成することが好ましく、より好ましくは30Å以上で40Å以下で形成する。

【0132】本発明では、このように中間反強磁性層41を薄い膜厚で形成することに特徴点がある。

【0133】上記のように中間反強磁性層41を50Å以下の薄い膜厚で形成することにより、中間反強磁性層41は反強磁性の性質を有さなくなり、磁場中アニールを施しても、中間反強磁性層41が規則化変態しにくく中間反強磁性層41とフリー磁性層28間に交換結合磁界が発生せずあるいは発生してもその値は小さく、フリー磁性層28の磁化が、固定磁性層23と同じように強固に固定されることがない。

【0134】また中間反強磁性層41が10Å以上、好ましくは30Å以上で形成されたとしたのは、この程度の膜厚がないと、後工程で中間反強磁性層41の両側端部C上に第2反強磁性層42を形成しても、中間反強磁性層41の両側端部Cが反強磁性の性質を帯び難く、中間反強磁性層41の両側端部Cとフリー磁性層28の両側端部C間に適切な大きさの交換結合磁界が発生しないからである。

【0135】また図5工程のように中間反強磁性層41上に非磁性層31を形成することで、図5に示す積層体が大気暴露されても中間反強磁性層41が酸化されるのを適切に防止できる。

【0136】ここで非磁性層31は大気暴露によって酸化されにくい緻密な層である必要がある。また熱拡散などにより非磁性層31が中間反強磁性層41内部に侵入しても反強磁性層としての性質を劣化させない材質である必要がある。

【0137】本発明では非磁性層31を貴金属で形成する。具体的には、Ru, Re, Pd, Os, Ir, Pt, Au, Rhのいずれか1種または2種以上からなる貴金属で形成することが好ましい。

【0138】Ruなどの貴金属からなる非磁性層31は大気暴露によって酸化されにくい緻密な層である。した

がって非磁性層31の膜厚を薄くしても中間反強磁性層41が大気暴露によって酸化されるのを適切に防止できる。

【0139】本発明では非磁性層31を3Å以上で10Å以下で形成することが好ましい。この程度の薄い膜厚の非磁性層31によっても適切に中間反強磁性層41が大気暴露によって酸化されるのを適切に防止することが可能である。

【0140】本発明では上記のように非磁性層31をRuなどの貴金属で形成し、しかも非磁性層31を3Å～10Å程度の薄い膜厚で形成している。このように薄い膜厚で非磁性層31を形成したことによって次工程のイオンミリング制御を適切に且つ容易に行うことができるのである。

【0141】図5に示すように基板20上に非磁性層31までの各層を積層した後、第1の磁場中アニールを施す。トラック幅Tw（図示X方向）と直交する方向である第1の磁界（図示Y方向）を印加しつつ、第1の熱処理温度で熱処理し、第1の反強磁性層12と固定磁性層23を構成する磁性層24との間に交換結合磁界を発生させて、磁性層24の磁化を図示Y方向に固定する。もう一方の磁性層26の磁化は、磁性層24との間で働くRKKY相互作用による交換結合によって図示Y方向とは逆方向に固定される。なお例えば第1の熱処理温度を270℃とし、磁界の大きさを800k（A/m）とする。

【0142】また上記したように、この第1の磁場中アニールによって中間反強磁性層41は膜厚が薄いため規則化変態しにくく、中間反強磁性層41とフリー磁性層28を構成する磁性材料層30との間には交換結合磁界は発生しない。中間反強磁性層41は50Å以下の薄い膜厚で形成されており、反強磁性としての性質を有していないからである。

【0143】また上記した第1の磁場中アニールによって、非磁性層31を構成するRuなどの貴金属元素が、中間反強磁性層41内部に拡散するものと考えられる。従って熱処理後における中間反強磁性層41の構成元素は、反強磁性層を構成する元素と貴金属元素とから構成される。また中間反強磁性層41内部に拡散した貴金属元素は、中間反強磁性層41の下面側よりも中間反強磁性層41の表面側の方が多く、拡散した貴金属元素の組成比は、中間反強磁性層41の表面から下面に向うに従って徐々に減るものと考えられる。このような組成変調は、SIMS分析装置などで確認することが可能である。

【0144】また、非磁性層31を形成するための貴金属元素は、中間反強磁性層の材料と混合したときに、この混合物が反強磁性を示すので、第1の磁場中アニールで、前記貴金属元素が中間反強磁性層41の内部に拡散しても、中間反強磁性層41の反強磁性が劣化すること

をなくすことができる。

【0145】次に図5工程で非磁性層31の表面全体をイオンミリングし、非磁性層31を除去する。

【0146】図5に示すイオンミリング工程では、低エネルギーのイオンミリングを使用できる。その理由は、成膜段階で非磁性層31が3Å～10Å程度の非常に薄い膜厚で形成されているからである。このため本発明では、低エネルギーのイオンミリングによって非磁性層31が除去され、中間反強磁性層の最表面でミリングを止めやすく、従来に比べてミリング制御を向上させることができるのである。

【0147】図5工程におけるイオンミリングの入射角度は、基板20表面に対する法線方向から30°～70°にすることが好ましい。なお、イオンミリングの処理時間は数秒～10分程度である。

【0148】次に図6に示す工程では、中間反強磁性層41上に第2反強磁性層42を成膜し、さらに連続して第2反強磁性層42の上にTaなどで形成された中間層（保護層）43を成膜する。中間層43は、第2反強磁性層42を大気暴露によって酸化されないように保護するためのものである。

【0149】なお、第2反強磁性層42を中間反強磁性層41と同じ材質で形成することが好ましい。

【0150】また図6に示す工程では、第2反強磁性層42と中間反強磁性層41とを足した総合膜厚が80Å以上で500Å以下の厚い膜厚となるように、第2反強磁性層42の膜厚を調整することが好ましい。

【0151】中間反強磁性層41の膜厚と第2反強磁性層42の膜厚とを足した総合膜厚が80Å以上で500Å以下程度の厚い膜厚で形成されると、単独では反強磁性の性質を有しなかった中間反強磁性層41が反強磁性の性質を帯びるからである。

【0152】次に図7に示す工程では、中間層43上にトラック幅方向（図示X方向）に所定の間隔50aを開けて例えば無機材料で形成されたマスク層50を形成する。前記無機材料としては、Ta、Ti、Si、Zr、Nb、Mo、Hf、W、Al-O、Al-Si-O、Si-Oなどを選択できる。このうち金属材料でマスク層50を形成する場合には、マスク層50を製造工程後においてもそのまま残して電極層44として機能させることもできる。

【0153】マスク層50の形成は、例えば中間層43の中央部にレジスト層（図示しない）を立てておき、その両側をマスク層50で埋めた後、レジスト層を除去してマスク層50に所定幅の間隔50aを形成する。あるいは中間層43上全体にマスク層50を形成した後、レジスト層（図示しない）をマスク層50上に重ねて形成し、前記レジスト層の中央部に露光現像によって穴部を形成した後、この穴部から露出するマスク層50をRIE（反応性イオンエッチング）などで削って、マスク

層50に所定幅の間隔50aを形成する。

【0154】あるいは本発明ではマスク層50をレジストで形成してもよい。図7に示す工程では、マスク層50の間隔50a内から露出する中間層43をRIEやイオンミリングによって削り、さらに中間層43下の第2反強磁性層42を点線Kの位置まで削り込む。このとき点線K下の第2反強磁性層42の膜厚と中間反強磁性層41の膜厚を足した総膜厚が50Å以下になるまで第2反強磁性層42を削り込むことが好ましい。より好ましくは40Å以下である。そうしないと、中間反強磁性層41の中央部Dが反強磁性の性質を残してしまい、次工程の第2磁場中アニールで、中間反強磁性層41の中央部Dとフリー磁性層28の中央部D間で交換結合磁界が発生し、フリー磁性層28の中央部Dの磁化が強固に固定されてしまうからである。

【0155】またマスク層50の間隔50a内から露出する第2反強磁性層42をすべて除去し、その下に形成されている中間反強磁性層41を一点鎖線Lまで除去してミリングを止めてもよい。

【0156】図7に示すように、第2反強磁性層42は、基板20表面に対し垂直方向または垂直方向に近い方向に削り込まれるので、第2反強磁性層42の内側端部42aは基板20表面に対し垂直方向（図示Z方向）または垂直方向に近い方向に形成される。なお当然に、第2反強磁性層42の下側に形成された層まで削り込むときには、削り込まれた各層の内側端面は基板20表面に対し垂直方向または垂直方向に近い方向（基板20表面に対する角度が80°～90°）に形成された状態になっている。

【0157】なお例えば図7の点線Mのように、マスク層50の内側端部50bが、下面から上面に向け徐々に間隔50aが広がる傾斜面や湾曲面で形成されている場合、第2反強磁性層42等の内側端部42aも傾斜面あるいは湾曲面として形成される。

【0158】マスク層50の内側端部50bが傾斜面あるいは湾曲面として形成されていると、削り込まれる間隔50a内のトラック幅方向（図示X方向）への幅寸法は下面に向うほど狭くなっていく。このためトラック幅Twを、マスク層50の間隔50aの幅よりもさらに小さくでき、より狭トラック化に対応可能な磁気検出素子を製造することができる。

【0159】またどこまで削り込むかは任意であるが、少なくともフリー磁性層28の中央部D上に反強磁性を帯びる程度の厚い膜厚の反強磁性層を残さないことが重要である。

【0160】上記したRIEやイオンミリング工程が終了した後、第2の磁場中アニールを施す。このときの磁場方向は、トラック幅方向（図示X方向）である。なおこの第2の磁場中アニールは、第2の印加磁界を、第1反強磁性層22の交換異方性磁界よりも小さく、しかも

熱処理温度を、第1反強磁性層22のブロッキング温度よりも低くする。これによって第1反強磁性層22の交換異方性磁界の方向をハイト方向（図示Y方向）に向けたまま、中間反強磁性層41の両側端部Cの交換異方性磁界をトラック幅方向（図示X方向）に向けることができる。なお第2の熱処理温度は例えば250℃であり、磁界の大きさは8～30（kA/m）、例えば24k（A/m）である。

【0161】なお、第2の印加磁界を強磁性層32とフリー磁性層28の反磁界及び保磁力より大きくすることが好ましい。中間反強磁性層41の両側端部Cは、その上に形成された第2反強磁性層42との間で発生する反強磁性的な相互作用によって反強磁性の性質を帯びているから、この第2の磁場中アニールによって、中間反強磁性層41の両側端部Cは規則化変態し、中間反強磁性層41の両側端部Cとフリー磁性層28の両側端部Cとの間に大きな交換結合磁界が発生する。これによってフリー磁性層28の両側端部Cの磁化は、トラック幅方向（図示X方向）に固定される。

【0162】一方、フリー磁性層28の中央部D上には反強磁性の性質を帯びない程度の薄い膜厚の反強磁性層しか形成されていないから、上記の第2の磁場中アニールによっても、フリー磁性層28の中央部D上に形成された中間反強磁性層41の中央部Dは規則化変態せず、中間反強磁性層41の中央部Dとフリー磁性層28の中央部D間には交換結合磁界が発生せずあるいは発生してもその値は小さく、フリー磁性層28の中央部Dが両側端部Cと同様にトラック幅方向に強固に固定されるといったことがない。また、フリー磁性層28の中央部Dの保磁力が、中間反強磁性層41によって増大することも避けることができる。

【0163】フリー磁性層28の中央部Dの磁化は外部磁界に対し磁化反転できる程度に弱く単磁区化された状態である。

【0164】また、フリー磁性層28の中央部D上の中間反強磁性層41の膜厚は、50Å以下であるので、中間反強磁性層41へのセンス電流の分流を少なくすることができ、磁気検出素子の磁界検出力を向上させることができる。

【0165】このように本発明では、従来に比べてフリー磁性層28の磁化制御を適切に行うことができ、狭トラック化においても再生感度に優れた磁気検出素子を製造することができる。

【0166】またこの第2の磁場中アニールを図6工程の後、すなわち中間反強磁性層41上に第2反強磁性層42及び中間層43を成膜した後、施してもよい。かかる場合、中間反強磁性層41は第2反強磁性層42が重ねて形成されたことで、反強磁性の性質を帯びており、第2の磁場中アニールで中間反強磁性層41は規則化変態し、中間反強磁性層41とフリー磁性層28との間で

大きな交換結合磁界が生じ、一旦、フリー磁性層28全体の磁化がトラック幅方向に固定されやすくなるが、図7工程で、第2反強磁性層42の中央部Dや第2反強磁性層42及び中間反強磁性層41の中央部Dを削り込むことで、フリー磁性層28の中央部D上に形成された反強磁性層との間で発生する交換結合磁界は弱まり、フリー磁性層28の中央部Dを磁化反転しやすい程度に弱い磁化に変えることができるものと考えられる。

【0167】図8は、電極層44の形成工程を示す一工程図である。図面は記録媒体との対向面側から部分拡大断面図である。

【0168】図7に示すマスク層50がレジストなど、残しておいても電極層とはなり得ない材質の場合、マスク層50を除去した後、電極層44を第2反強磁性層42上に形成しなければならない。

【0169】図8工程に示すように、第2反強磁性層42間の間隔42bから、さらに第2反強磁性層42の一部の上面にまでレジスト層51を形成する。なお間隔42b内にのみレジスト層51を設けてもよい。そしてレジスト層51に覆われていない第2反強磁性層42上に電極層44を成膜し、レジスト層51を除去する。これによって第2反強磁性層42上に電極層44を形成できる。

【0170】図7工程において、第2反強磁性層42を鎖線Kまで除去するミリングしたときは、図9に示される磁気検出素子が得られる。また、中間反強磁性層41を一点鎖線Lまで除去するミリングを行ったときには、図10に示される磁気検出素子が得られる。

【0171】図11ないし図13は本発明の磁気検出素子の製造方法を示す一工程図である。図11ないし図13に示す各工程は記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。

【0172】図1と同じ工程によって、基板20上に、シードレイヤ21、第1反強磁性層22、固定磁性層23、非磁性材料層27、フリー磁性層28、および非磁性層31を連続成膜する。成膜にはスパッタや蒸着法が使用される。各層の材料及び膜厚は、図1に示される同じ符号をつけた各層と同じである。

【0173】本発明でも、フリー磁性層28上に非磁性層31を形成することで、図5に示す積層体が大気暴露されてもフリー磁性層28が酸化されるのを適切に防止できる。

【0174】ここで非磁性層31は大気暴露によって酸化されにくい緻密な層である必要がある。

【0175】本発明では非磁性層31を貴金属で形成する。具体的には、Ru、Re、Pd、Os、Ir、Pt、Au、Rhのいずれか1種または2種以上からなる貴金属で形成することが好ましい。

【0176】Ruなどの貴金属からなる非磁性層31は大気暴露によって酸化されにくい緻密な層である。した

がって非磁性層31の膜厚を薄くしてもフリー磁性層28が大気暴露によって酸化されるのを適切に防止できる。

【0177】本発明では非磁性層31を3Å以上で10Å以下で形成することが好ましい。この程度の薄い膜厚の非磁性層31によっても適切にフリー磁性層28が大気暴露によって酸化されるのを適切に防止することが可能である。

【0178】このように薄い膜厚で非磁性層31を形成したことによって次工程のイオンミリング制御を適切に且つ容易に行うことができるのである。

【0179】図11に示すように基板20上に非磁性層31までの各層を積層した後、第1の磁場中アニールを施す。トラック幅Tw（図示X方向）と直交する方向である第1の磁界（図示Y方向）を印加しつつ、第1の熱処理温度で熱処理し、第1の反強磁性層22と固定磁性層23を構成する磁性層24との間に交換結合磁界を発生させて、磁性層24の磁化を図示Y方向に固定する。もう一方の磁性層26の磁化は、磁性層24との間で働くKKY相互作用による交換結合によって図示Y方向とは逆方向に固定される。なお例えば第1の熱処理温度を270℃とし、磁界の大きさを800k(A/m)とする。

【0180】また上記した第1の磁場中アニールによって、非磁性層31を構成するRuなどの貴金属元素が、フリー磁性層28内部に拡散するものと考えられる。従って熱処理後におけるフリー磁性層28の表面近くの構成元素は、反強磁性層を構成する元素と貴金属元素とから構成される。またフリー磁性層28内部に拡散した貴金属元素は、フリー磁性層28の下面側よりもフリー磁性層28の表面側の方が多く、拡散した貴金属元素の組成比は、フリー磁性層28の表面から下面に向うに従って徐々に減るものと考えられる。このような組成変動は、SIMS分析装置など薄膜の化学組成を分析する装置で確認することが可能である。

【0181】次に、非磁性層31の表面全体をイオンミリングし、非磁性層31を除去する。

【0182】図11に示すイオンミリング工程では、低エネルギーのイオンミリングを使用できる。その理由は、成膜段階で非磁性層31が3Å～10Å程度の非常に薄い膜厚で形成されているからである。このため本発明では、低エネルギーのイオンミリングによって非磁性層31が除去され、フリー磁性層28の最表面でミリングを止めやすく、従来に比べてミリング制御を向上させることができるのである。

【0183】なお、図11工程におけるイオンミリングの入射角度は、基板20表面に対する法線方向から30°～70°にすることが好ましい。なお、イオンミリングの処理時間は約1分程度である。

【0184】次に図12に示す工程では、フリー磁性層

28上に、フリー磁性層28の磁性材料層30あるいは拡散防止層29と同じ材料を用いて、強磁性層45を成膜し、さらに第2反強磁性層42、Taなどで形成された中間層(保護層)43を真空中で連続成膜する。中間層43は、第2反強磁性層42を大気暴露によって酸化されないように保護するためのものである。

【0185】なお、第2反強磁性層42を第1の反強磁性層22と同じ材質で形成することが好ましい。

【0186】また図6に示す工程では、第2反強磁性層42の膜厚が80Å以上で500Å以下の厚い膜厚にすることが好ましい。

【0187】次に、中間層43上にトラック幅方向(図示X方向)に所定の間隔50aを開けて例えば無機材料で形成されたマスク層50を形成する。前記無機材料としては、Ta、Ti、Si、Zr、Nb、Mo、Hf、W、Al-O、Al-Si-O、Si-Oなどを選択できる。このうち金属材料でマスク層50を形成する場合には、マスク層50を製造工程後においてもそのまま残して電極層44として機能させることもできる。

【0188】マスク層50の形成は、例えば中間層43の中央部にレジスト層(図示しない)を立てておき、その両側をマスク層50で埋めた後、前記レジスト層を除去してマスク層50に所定幅の間隔50aを形成する。あるいは中間層43上全体にマスク層50を形成した後、レジスト層(図示しない)をマスク層50上に重ねて形成し、前記レジスト層の中央部に露光現象によって穴部を形成した後、この穴部から露出するマスク層50をRIEなどで削って、マスク層50に所定幅の間隔50aを形成する。

【0189】あるいは本発明ではマスク層50をレジストで形成してもよい。マスク層50の間隔50a内から露出する中間層43をRIEやイオンミリングによって削り、さらに中間層43下の第2反強磁性層42及び強磁性層45を削り込む。

【0190】図12に示すように、第2反強磁性層42は、基板20表面に対し垂直方向または垂直方向に近い方向に削り込まれるので、第2反強磁性層42の内側端部42aは基板20表面に対し垂直方向(図示Z方向)または垂直方向に近い方向に形成される。なお当然に、第2反強磁性層42の下側に形成された層まで削り込むときには、削り込まれた各層の内側端面は基板20表面に対し垂直方向または垂直方向に近い方向に形成された状態になっている。

【0191】なお例えば図12の点線Mのように、マスク層50の内側端部50bが、下面から上面に向け徐々に間隔50aが広がる傾斜面や湾曲面で形成されている場合、第2反強磁性層42等の内側端部42aも傾斜面あるいは湾曲面として形成される。

【0192】マスク層50の内側端部50bが傾斜面あるいは湾曲面として形成されていると、削り込まれる間

隔50a内のトラック幅方向(図示X方向)への幅寸法は下面に向うほど狭くなっていく。このためトラック幅Twを、マスク層50の間隔50aの幅よりもさらに小さくでき、より狭トラック化に対応可能な磁気検出素子を製造することができる。

【0193】上記したRIEやイオンミリング工程が終了した後、第2の磁場中アニールを施す。このときの磁場方向は、トラック幅方向(図示X方向)である。なおこの第2の磁場中アニールは、第2の印加磁界を、第1反強磁性層22の交換異方性磁界よりも小さく、しかも熱処理温度を、第1反強磁性層22のブロッキング温度よりも低くする。これによって第1反強磁性層22の交換異方性磁界の方向をハイト方向(図示Y方向)に向けたまま、第2反強磁性層42の両側端部Cの交換異方性磁界をトラック幅方向(図示X方向)に向けることができる。なお第2の熱処理温度は例えば250℃であり、磁界の大きさは8~30(kA/m)、例えば24k(A/m)である。

【0194】なお、第2の印加磁界を強磁性層32とフリー磁性層28の反磁界及び保磁力より大きくすることが好ましい。

【0195】このため上記の第2の磁場中アニールによって、第2反強磁性層42は適切に規則化変態し、第2反強磁性層42と強磁性層45との間に適切な大きさの交換結合磁界が発生する。さらに、強磁性層45とフリー磁性層28の両側端部Cとの間に、交換相互作用に基づく強磁性結合が発生し、これによってフリー磁性層28の両側端部Cの磁化は、トラック幅方向(図示X方向)に固定される。

【0196】なお、フリー磁性層28の中央部Dの磁化は外部磁界に対し磁化反転できる程度に弱く単磁区化された状態である。

【0197】また、図11工程で、ミリング角度を基板20表面の垂直方向に対し50°から60°、ミリング時間を30秒から50秒で行うと、非磁性層31が完全に除去され、フリー磁性層28の表面がわずかに削られた状態になるが、フリー磁性層28はイオンミリングによって大きなダメージを受けないため、強磁性層45とフリー磁性層28の両側端部Cとの間には適切な強磁性結合が発生し、交換バイアス磁界の大きさを32~72(kA/m)にすることも可能になる。

【0198】本発明では、フリー磁性層28上に積層される強磁性層45の膜厚を薄くしても、フリー磁性層28と強磁性層45との間の磁気的な結合(強磁性的な交換相互作用)を強くできる。

【0199】強磁性層45の膜厚を薄くすると第2反強磁性層42と強磁性層45間で発生する交換結合磁界が強くなり、フリー磁性層の両側端部を強固に磁化固定できるようになる。すなわち、サイドリーディングを抑え、狭トラック化に適切に対応可能な磁気検出素子を製

造できる。

【0200】また強磁性層45を薄くすると、強磁性層45の内側側面からフリー磁性層28の中央部Dに余分な静磁界が入り込むことも抑制でき、磁化反転可能なフリー磁性層28の中央部Dの外部磁界に対する感度の低下を防止できる。

【0201】本発明では、強磁性層45の膜厚を5Å～50Åに設定することができる。このように本発明では、従来に比べてフリー磁性層28の磁化制御を適切に行うことができ、狭トラック化においても再生感度に優れた磁気検出素子を製造することができる。

【0202】図7に示すマスク層50がレジストなど、残しておいても電極層とはなり得ない材質の場合、マスク層50を除去した後、電極層44を第2反強磁性層42上に形成しなければならない。

【0203】電極層44を形成するときは、図8工程に示すように、第2反強磁性層42間の間隔42bから、さらに第2反強磁性層42の一部の上面にまでレジスト層51を形成する。なお間隔42b内のみレジスト層51を設けてもよい。そしてレジスト層51に覆われていない第2反強磁性層42上に電極層44を成膜し、レジスト層51を除去する。これによって第2反強磁性層42上に電極層44を形成できる。

【0204】上記各工程を経て、図13に示される磁気検出素子を得ることができる。なお、図11のイオンミリング終了後、強磁性層45を積層せずフリー磁性層28上に直接第2反強磁性層42を積層してもよい。この場合フリー磁性層28に与えられる交換バイアス磁界は、図13に示される磁気検出素子よりも小さくなるが、それでも絶対値で16 (kA/m) 程度の交換バイアス磁界を得ることができる。

【0205】次に本発明におけるフリー磁性層28の形態について説明する。図1ないし図13では、すべてフリー磁性層28は2層構造であり、非磁性材料層27と接する側の層が、CoFeやCoなどの拡散防止層29となっている。磁性材料層30はNiFe合金などの磁性材料で形成されている。

【0206】フリー磁性層28は磁性材料の単層で形成されていてもよい。磁性材料としてはNiFe合金、CoFe合金、CoFeNi合金、Co、CoNi合金などを選択できる。このうち特にフリー磁性層28をCoFeNi合金で形成することが好ましい。

【0207】図14は、フリー磁性層28の部分を中心に図示した部分拡大断面図である。断面は記録媒体との対向面側から見ている。

【0208】図14に示す形態ではフリー磁性層28は3層構造である。フリー磁性層28を構成する符号56、57、58の各層はすべて磁性材料の層であり、磁性材料層56は、非磁性材料層27との間で元素の拡散を防止するための拡散防止層である。磁性材料層56は

CoFeやCoなどで形成される。

【0209】磁性材料層58は、強磁性層32、中間反強磁性層41、または強磁性層45と接して形成されている。図14では強磁性層32と接している状態を図示している。

【0210】磁性材料層58は、CoFe合金で形成されることが好ましい。図14に示す3層構造の材質の組合せとしては、例えば磁性材料層56：CoFe/磁性材料層57：NiFe/磁性材料層58：CoFeを提示できる。

【0211】磁性材料のみで形成されたフリー磁性層28の膜厚は30Å～50Å程度で形成されることが好ましい。またフリー磁性層28に使用されるCoFe合金の組成比は、例えばCoが90at%、Feが10at%である。

【0212】図15は、フリー磁性層28の別の実施形態を示す部分拡大断面図である。図15に示すフリー磁性層28は積層フェリ構造と呼ばれる構造である。これによりフリー磁性層28の物理的な厚みを極端に薄くすることなしに、磁気的な実効的フリー磁性層の膜厚を薄くでき、外部磁界に対する感度を向上させることができる。

【0213】符号59、61の層は磁性層であり、符号60の層は非磁性中間層である。磁性層59および磁性層61は、例えばNiFe合金、CoFe合金、CoFeNi合金、Co、CoNi合金などの磁性材料で形成される。このうち特に磁性層59及び/または磁性層61は、CoFeNi合金で形成されることが好ましい。組成比としては、Feが9at%以上で17at%以下、Niが0.5at%以上で10at%以下、残りがCoのat%であることが好ましい。

【0214】これにより磁性層59、61間に働くRKKY相互作用による結合磁界を大きくできる。具体的にはスピントロップ磁界(H<sub>sf</sub>)を約293 (kA/m) 以上にできる。以上により、磁性層59と磁性層61との磁化を適切に反平行状態にできる。また上記した組成範囲内であると、フリー磁性層28の磁歪を $-3 \times 10^{-6}$ から $3 \times 10^{-6}$ の範囲内に収めることができ、また保磁力を790 (A/m) 以下に小さくできる。

【0215】さらに、フリー磁性層28の軟磁気特性の向上、非磁性材料層27へのNiの拡散による抵抗変化量(ΔR)や抵抗変化率(ΔR/R)の低減の抑制を適切に図ることが可能である。

【0216】また非磁性中間層60は、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuのうち1種または2種以上で形成されることが好ましい。

【0217】磁性層59の膜厚は例えば35Å程度で、非磁性中間層60は例えば9Å程度で、磁性層61の膜厚は例えば15Å程度で形成される。

【0218】上記したフリー磁性層28が積層フェリ構



造で形成されたとき、図18に示すように、中央部Dで磁性層61が一部除去された状態にすることもできるし、また、図19に示すように、中央部Dで磁性層61が完全に除去され、非磁性中間層60が露出するように構成することもできる。これによりフリー磁性層28の中央部Dは積層フェリ構造ではなく、通常の磁性層のみで形成されたフリー磁性層として機能し、一方、フリー磁性層28の両側端部Cでは積層フェリ構造となり、一方向性バイアス磁界を増強し、より確実にフリー磁性層28の両側端部Cをトラック幅方向に固定させ、サイドリーディングの発生を防ぐことができる。

【0219】また磁性層59と非磁性材料層27との間には、CoFe合金やCoで形成された拡散防止層が設けられていてもよい。さらには、磁性層61と中間反強磁性層41間にCoFe合金で形成された磁性層が介在していてもよい。

【0220】かかる場合、磁性層59及び／または磁性層61がCoFeNi合金で形成されるとき、CoFeNi合金のFeの組成比は7原子%以上で15原子%以下で、Niの組成比は5原子%以上で15原子%以下で、残りの組成比はCoであることが好ましい。

【0221】これにより磁性層59、61間で発生するRKKY相互作用における交換結合磁界を強くすることができる。具体的には、スピントロップ磁界( $H_{sf}$ )を約293(kA/m)にまで大きくすることができる。よって磁性層59、61の磁化を適切に反平行状態にすることができる。

【0222】また上記した組成範囲内であると、フリー磁性層28の磁歪を $-3 \times 10^{-6}$ から $3 \times 10^{-6}$ の範囲内に収めることができ、また保磁力を790(A/m)以下に小さくできる。さらに、フリー磁性層28の軟磁気特性の向上を図ることができる。

【0223】図16は本発明におけるフリー磁性層28の別の形態を示す部分拡大断面図である。図16に示すフリー磁性層28には、磁性材料層62、64間にスペキュラー膜63が形成されている。スペキュラー膜63には、図16に示すように欠陥部(ピンホール)Gが形成されていてもよい。また図16に示す実施形態ではスペキュラー膜(鏡面反射層)63を挟んだ磁性層62及び磁性層64は同じ方向(矢印方向)に磁化されている。

【0224】磁性層62、64にはNiFe合金、CoFe合金、CoFeNi合金、Co、CoNi合金などの磁性材料が使用される。

【0225】図16のようにスペキュラー膜63がフリー磁性層28内に形成されているとスペキュラー膜63に達した伝導電子(例えばアップスピンを持つ伝導電子)は、そこでスピン状態(エネルギー、量子状態など)を保持したまま鏡面反射する。そして鏡面反射したアップスピンを持つ伝導電子は、移動向きを変えてフリ

ー磁性層内を通り抜けることが可能になる。

【0226】このため本発明では、スペキュラー膜63を設けることで、アップスピンを持つ伝導電子の平均自由行程 $\lambda^+$ を従来に比べて伸ばすことが可能になり、よってアップスピンを持つ伝導電子の平均自由行程 $\lambda^+$ と、ダウンスピンを持つ伝導電子の平均自由行程 $\lambda^-$ との差を大きくすることができ、従って抵抗変化率( $\Delta R/R$ )の向上とともに、再生出力の向上を図ることが可能になる。

【0227】スペキュラー膜63の形成は、例えば磁性層62までを成膜し、磁性層62表面を酸化する。この酸化層をスペキュラー膜63として機能させることができる。そしてスペキュラー膜63上に磁性層64を成膜する。

【0228】スペキュラー膜63の材質としては、Fe-O、Ni-O、Co-O、Co-Fe-O、Co-Fe-Ni-O、Al-O、Al-Q-O(ここでQはB、Si、N、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Niから選択される1種以上)、R-O(ここでRはCu、Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wから選択される1種以上)の酸化物、Al-N、Al-Q-N(ここでQはB、Si、O、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Niから選択される1種以上)、R-N(ここでRはTi、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wから選択される1種以上)の窒化物、半金属ホイッスラー合金などを提示できる。

【0229】スペキュラー膜63をスパッタ成膜するときは、例えば基板20の温度を0~100℃とし、基板20とスペキュラー膜63の材料のターゲット間の距離を100~300mmとし、Arガス圧を $10^{-6}$ ~ $10^{-3}$ Torr( $1.3 \times 10^{-3}$ ~0.13Pa)とする。

【0230】図17は本発明におけるフリー磁性層28の別の形態を示す部分拡大断面図である。

【0231】図17に示すフリー磁性層28は、磁性層65及び強磁性層32間にバックド層66が形成されている。バックド層66は例えばCu、Au、Cr、Ruなどで形成される。磁性層65はNiFe合金、CoFe合金、CoFeNi合金、Co、CoNi合金などの磁性材料で形成される。

【0232】バックド層66が形成されることによって、磁気抵抗効果に寄与するアップスピンの伝導電子(上向きスピン:up spin)における平均自由行程(mean free path)を延ばし、いわゆるスピントロップ効果(spin filter effect)によりスピントロップ型磁気素子において、大きな抵抗変化率が得られ、高記録密度化に対応できるものとなる。

【0233】なお、上述した実施の形態の磁気検出素子において、固定磁性層23が単層の強磁性材料層として形成されてもよい。

【0234】本発明の磁気検出素子を用いて磁気ヘッドを構成するときには、基板20と第1反強磁性層22の間に、アルミナなどの絶縁性材料からなる下地層、この下地層上に積層される磁性合金からなる下部シールド層、及びこの下部シールド上に積層される絶縁性材料からなる下部ギャップ層が形成される。薄膜磁気素子は前記下部ギャップ層上に積層される。また、この薄膜磁気素子上には、絶縁性材料からなる上部ギャップ層、及びこの上部ギャップ層上に積層される磁性合金からなる上部シールド層が形成される。また、前記上部シールド層上に書き込み用のインダクティブ素子が積層されてもよい。

【0235】ところで図1ないし図19では、固定磁性層、非磁性材料層、フリー磁性層を有する多層膜のトラック幅方向（図示X方向）の両側端部C、C上に電極層33、44が設けられ、電極層33、44から前記多層膜内に流れる電流が、前記多層膜内を各層の膜面に対して平行な方向に流れるCIP (current in the plane) 型の磁気検出素子の製造方法を説明した。

【0236】一方、図20以降で説明する磁気検出素子の製造方法は、前記多層膜の上下に電極層が設けられ、前記電極層から前記多層膜内に流れる電流が、前記多層膜の各層の膜面に対し垂直方向に流れるCPP (current perpendicular to the plane) 型の磁気検出素子の製造方法である。

【0237】まず、図20工程では、図示しない基板上に下部シールド層を兼用する下部電極層70をNiFeなどの磁性材料を用いて形成する。

【0238】さらに、下部電極層70上に、シードレイヤ21、第1の反強磁性層22、第1の固定磁性層24、非磁性中間層25、第2の固定磁性層26からなるシンセティックフェリビンド型の固定磁性層23、非磁性材料層27、フリー磁性層28、非磁性層31まで積層された多層膜を、スパッタ法や蒸着法などの薄膜形成プロセスによって、同一真空成膜装置中で連続成膜する。

【0239】第1の反強磁性層22、第1の固定磁性層24、非磁性中間層25、第2の固定磁性層26、非磁性材料層27、フリー磁性層28、非磁性層31の材料は図1から図4に示された磁気検出素子の製造方法と同じである。

【0240】次に、非磁性層31まで積層された多層膜を第1の熱処理温度、Y方向を向いた第1の大きさの磁界中で、第1の磁場中アニールを行い、第1の反強磁性層22と第1の固定磁性層24との間に交換異方性磁界を発生させ、固定磁性層23の磁化方向を図示Y方向に固定する。本実施の形態では、前記第1の熱処理温度を270℃、磁界の第1の大きさを800k (A/m) としている。

【0241】次に、図21に示されるように非磁性層3

1上に、下面に切り込み部が形成されたリフトオフ用のレジスト層49を形成する。レジスト層49は、非磁性層31のトラック幅領域（中央部）Dの領域を覆うものとして形成する。

【0242】次に、非磁性層31のレジスト層49に覆われていない領域を、イオンミリングによって完全に削ってフリー磁性層28を露出させる。このイオンミリングは先に説明した低エネルギーのイオンミリングである。

【0243】そして、露出したフリー磁性層28の両側端部C、C上に強磁性層32、32、第2反強磁性層33、33をスパッタ法によって連続成膜する。

【0244】本発明では、低エネルギーのイオンミリングによって非磁性層31を削ることができる。低エネルギーのイオンミリングはミリングレートが遅く、ミリング止め位置のマージンを狭くすることが可能になる。特に、非磁性層31をイオンミリングで除去した瞬間にミリングを止めることも可能になる。従って、フリー磁性層28はイオンミリングによって大きなダメージを受けない。なお、図23工程におけるイオンミリングの入射角度は、非磁性層31表面に対する法線方向から30°～70°にすることが好ましい。また、イオンミリングの処理時間は数秒～10分程である。

【0245】このため、次工程で、フリー磁性層28上に積層される強磁性層32の膜厚を薄くしても、フリー磁性層28と強磁性層32との間の磁気的な結合（強磁性的な交換相互作用）を強くできる。

【0246】第2反強磁性層33、33のトラック幅方向間隔W2は、レジスト層49の底面49aのトラック幅方向の幅寸法W2より大きい。レジスト49は非磁性層31の中央部を略四方形または略円形状に覆っている。

【0247】次に、図21に示されるように非磁性層31のレジスト層49に覆われていない領域上及び第2反強磁性層33、33上に絶縁層71をスパッタ法によって成膜する。絶縁層71は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、AlN、Al-Si-O、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>などの絶縁材料からなる。スパッタ法には、イオンビームスパッタ法、ロングスロースパッタ法、コリメーションスパッタ法などを使用できる。

【0248】なお、スパッタの入射角度を調節して、絶縁層71のトラック幅領域（中央部）C側の側端縁71aを、非磁性層31とレジスト層49が接合しているところまで延して形成することにより、絶縁層71が第2反強磁性層33、33を完全に覆うようにできる。

【0249】このとき、レジスト層49の底面のトラック幅方向寸法W2と側端縁71a、71aのトラック幅方向間隔は等しくなる。なお、側端縁71a、71aのトラック幅方向間隔が磁気検出素子のトラック幅寸法Tw (=W2) を規定する。

【0250】絶縁層71が第2反強磁性層33、33を完全に覆うことにより、図21の工程で、第2反強磁性層33、33の側端縁33a1、33a1付近の領域で組成が変化したりだれが生じたりすることによって、第2反強磁性層33、33の側端縁33a1、33a1付近に重なるフリー磁性層28の両側端部C、Cの磁化方向が動きやすくなっても、実効トラック幅Twが変化することを抑えることができる。

【0251】絶縁層71の成膜後、レジスト層49を除去すると、絶縁層71の中央部に非磁性層31が露出する穴部71bができる。

【0252】なお、本実施の形態の磁気検出素子は、第1反強磁性層22と第2反強磁性層33、33を同じ組成の反強磁性材料を用いて形成することができる。

【0253】レジスト層49を除去し、第2の熱処理温度、X方向を向いた第2の大きさの磁界中で、第2の磁場中アニールにかけて、第2反強磁性層33、33と強磁性層32、32との間に交換異方性磁界を発生させ、強磁性層32、32の磁化方向を図示X方向に固定する。本実施の形態では、前記第2の熱処理温度を250℃、磁界の第2の大きさを8k(A/m)としている。

【0254】第2反強磁性層33、33と強磁性層32、32との間の交換異方性磁界は、第2の磁場中アニール工程において初めて生じる。従って、第1反強磁性層22と第1固定磁性層24との間の交換異方性磁界の方向を図示Y方向に向けたまま、第2反強磁性層33、33と強磁性層32、32との間の交換異方性磁界を図示X方向に向けるためには、前記第2の熱処理温度を、第1の反強磁性層22による交換結合磁界が消失するブロッキング温度より低い温度に設定し、前記第2の磁界の大きさを第1の反強磁性層22と第1固定磁性層24との間の交換異方性磁界より小さくするだけでよい。また、第2の磁場中アニールをこれらの条件下で行えば、第1の反強磁性層22と第2反強磁性層33、33を同じ組成の反強磁性材料を用いて形成しても、第1の反強磁性層22と第1固定磁性層24との間の交換異方性磁界の方向を図示Y方向に向けたまま、第2反強磁性層33、33と強磁性層32、32との間の交換異方性磁界を図示X方向に向けることができる。すなわち、フリー磁性層28の磁化方向を、固定磁性層23の磁化方向と直交する方向に固定することが容易になる。

【0255】なお、第2の磁場中アニール時の第2の磁界の大きさは、フリー磁性層28及び強磁性層32の飽和磁界、及びフリー磁性層28及び強磁性層32の反磁界より大きいことが好ましい。

【0256】そして必要ならば、非磁性層31表面をイオンミリングでクリーニングする。そして、上部シールドを兼ね備えた上部電極層72をスパッタまたはメッキ形成する。また、絶縁層71から非磁性層31上にかけて、図22に点線で示される非磁性層73をスパッタな

どで形成した後、上部シールドを兼ね備えた上部電極層72をメッキ形成してもよい。

【0257】非磁性層73は、Ta、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuなどの非磁性導電材料で形成されることが好ましい。非磁性層73は、上部ギャップ層としての役割を有するものであるが、電流経路の出入口となる非磁性層31上を例えば絶縁材料からなる非磁性層73で覆うことは電流が多層膜内に流れにくくなるため好ましくない。よって本発明では非磁性層73を非磁性導電材料で形成することが好ましい。

【0258】以上のようにして形成された図22に示される磁気検出素子では、第2反強磁性層33、33上を適切に絶縁層71、71によって覆うことができ、電極層から流れる電流の分流ロスを適切に抑制できるCPP型の磁気検出素子を製造することが可能になる。

【0259】CPP型磁気検出素子の他の製造方法を説明する。まず図23工程では、図示しない基板上に下部シールド層を兼用する下部電極層70をNiFeなどの磁性材料を用いて形成する。さらに、図5工程と同様にシードレイヤ21、第1反強磁性層22、固定磁性層23、非磁性材料層27、フリー磁性層28、中間反強磁性層41、および非磁性層31を連続成膜する。成膜にはスパッタや蒸着法が使用される。

【0260】中間反強磁性層41の膜厚は、10Å以上で50Å以下で形成することが好ましく、より好ましくは30Å以上で40Å以下で形成する。

【0261】上記のように中間反強磁性層41を50Å以下の薄い膜厚で形成することにより、中間反強磁性層41は反強磁性の性質を有さなくなり、磁場中アニールを施しても、中間反強磁性層41が規則化変態しにくく中間反強磁性層41とフリー磁性層28間に交換結合磁界が発生せずあるいは発生してもその値は小さく、フリー磁性層28の磁化が、固定磁性層23と同じように強固に固定されることがない。

【0262】また中間反強磁性層41が10Å以上、好ましくは30Å以上で形成されたとしたのは、この程度の膜厚がないと、後工程で中間反強磁性層41の両側端部C上に第2反強磁性層42を形成しても、中間反強磁性層41の両側端部Cが反強磁性の性質を帯び難く、中間反強磁性層41の両側端部Cとフリー磁性層28の両側端部C間に適切な大きさの交換結合磁界が発生しないからである。

【0263】また図23工程のように中間反強磁性層41上に非磁性層31を形成することで、図23に示す積層体が大気暴露されても中間反強磁性層41が酸化されるのを適切に防止できる。

【0264】本発明では非磁性層31を貴金属で形成する。具体的には、Ru、Re、Pd、Os、Ir、Pt、Au、Rhのいずれか1種または2種以上からなる貴金属で形成することが好ましい。

【0265】Ruなどの貴金属からなる非磁性層31は大気暴露によって酸化されにくい緻密な層である。したがって非磁性層31の膜厚を薄くしても中間反強磁性層41が大気暴露によって酸化されるのを適切に防止できる。

【0266】本発明では非磁性層31を3Å以上で10Å以下で形成することが好ましい。この程度の薄い膜厚の非磁性層31によっても適切に中間反強磁性層41が大気暴露によって酸化されるのを適切に防止することが可能である。

【0267】本発明では上記のように非磁性層31をRuなどの貴金属で形成し、しかも非磁性層31を3Å～10Å程度の薄い膜厚で形成している。このように薄い膜厚で非磁性層31を形成したことによって次工程のイオンミリング制御を適切に且つ容易に行うことができる。

【0268】図23に示すように非磁性層31までの各層を積層した後、第1の磁場中アニールを施す。トラック幅Tw（図示X方向）と直交する方向である第1の磁界（図示Y方向）を印加しつつ、第1の熱処理温度で熱処理し、第1の反強磁性層22と固定磁性層23を構成する磁性層24との間に交換結合磁界を発生させて、磁性層24の磁化を図示Y方向に固定する。もう一方の第2固定磁性層26の磁化は、第1固定磁性層24との間で働くRKKY相互作用による交換結合によって図示Y方向とは逆方向に固定される。なお例えば第1の熱処理温度を270℃とし、磁界の大きさを800k (A/m)とする。

【0269】また上記したように、この第1の磁場中アニールによって中間反強磁性層41は膜厚が薄いため規則化変態しにくく、中間反強磁性層41とフリー磁性層28を構成する磁性材料層30との間には交換結合磁界は発生しない。中間反強磁性層41は50Å以下の薄い膜厚で形成されており、反強磁性としての性質を有していないからである。

【0270】また上記した第1の磁場中アニールによって、非磁性層31を構成するRuなどの貴金属元素が、中間反強磁性層41内部に拡散するものと考えられる。従って熱処理後における中間反強磁性層41の構成元素は、反強磁性層を構成する元素と貴金属元素とから構成される。また中間反強磁性層41内部に拡散した貴金属元素は、中間反強磁性層41の下面側よりも中間反強磁性層41の表面側の方が多く、拡散した貴金属元素の組成比は、中間反強磁性層41の表面から下面に向うに従って徐々に減るものと考えられる。このような組成変動は、SIMS分析装置などで確認することが可能である。

【0271】また、非磁性層31を形成するための貴金属元素は、中間反強磁性層の材料と混合したときに、この混合物が反強磁性を示すので、第1の磁場中アニール

で、前記貴金属元素が中間反強磁性層41の内部に拡散しても、中間反強磁性層41の反強磁性が劣化することをなくすることができる。

【0272】次に図23工程で非磁性層31の表面全体をイオンミリングし、非磁性層31を除去する。

【0273】図23に示すイオンミリング工程では、前述の低エネルギーのイオンミリングを使用できる。その理由は、成膜段階で非磁性層31が3Å～10Å程度の非常に薄い膜厚で形成されているからである。このため本発明では、低エネルギーのイオンミリングによって非磁性層31が除去され、中間反強磁性層の最表面でミリングを止めやすく、従来に比べてミリング制御を向上させることができるのである。

【0274】図23工程におけるイオンミリングの入射角度は、非磁性層31表面に対する法線方向から30°～70°にすることが好ましい。なお、イオンミリングの処理時間は数秒～10分程度である。

【0275】次に図24に示す工程では、中間反強磁性層41上に第2反強磁性層42を成膜する。なお、第2反強磁性層42を中間反強磁性層41と同じ材質で形成することが好ましい。

【0276】また図24に示す工程では、第2反強磁性層42と中間反強磁性層41とを足した総合膜厚が80Å以上で500Å以下の厚い膜厚となるように、第2反強磁性層42の膜厚を調整することが好ましい。

【0277】中間反強磁性層41の膜厚と第2反強磁性層42の膜厚とを足した総合膜厚が80Å以上で500Å以下程度の厚い膜厚で形成されると、単独では反強磁性の性質を有さなかった中間反強磁性層41が反強磁性の性質を帯びるからである。

【0278】さらに、第2反強磁性層42上に、絶縁層74を積層する。絶縁層74は、例えばAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、AlN、Al-Si-O、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>などの絶縁材料で形成される。

【0279】次に図25に示す工程では、絶縁層74上にトラック幅方向（図示X方向）に所定の間隔50aを開けて例えばマスク層50を形成する。マスク層50を形成する前記無機材料としては、Cr、Ta、Ti、Si、Zr、Nb、Mo、Hf、W、Al-O、Al-Si-O、Si-Oなどを選択できる。

【0280】マスク層50の形成は、例えば絶縁層74の中央部にレジスト層（図示しない）を立てておき、その両側をマスク層50で埋めた後、レジスト層を除去してマスク層50に所定幅の間隔50aを形成する。あるいは絶縁層74上全体にマスク層50を形成した後、レジスト層（図示しない）をマスク層50上に重ねて形成し、前記レジスト層の中央部に露光現像によって穴部を形成した後、この穴部から露出するマスク層50をRIE（反応性イオンエッチング）などで削って、マスク層50に所定幅の間隔50aを形成する。

【0281】あるいは本発明ではマスク層50をレジストで形成してもよい。図25に示す工程では、マスク層50の間隔50a内から露出する絶縁層74をRIEやイオンミリングによって削り、さらに絶縁層74下の第2反強磁性層42を点線Kの位置まで削り込み、図26に示される凹部76を形成する。このとき点線K下の第2反強磁性層42の膜厚と中間反強磁性層41の膜厚を足した総膜厚が50Å以下になるまで第2反強磁性層42を削り込むことが好ましい。より好ましくは40Å以下である。そうしないと、中間反強磁性層41の中央部Dが反強磁性の性質を残してしまい、次工程の第2磁場中アニールで、中間反強磁性層41の中央部Dとフリー磁性層28の中央部D間で交換結合磁界が発生し、フリー磁性層28の中央部Dの磁化が強固に固定されてしまうからである。

【0282】またマスク層50の間隔50a内から露出する第2反強磁性層42をすべて除去し、その下に形成されている中間反強磁性層41を一点鎖線Lまで除去してミリングを止めてもよい。

【0283】図25に示すように、第2反強磁性層42は、絶縁層74表面（または前記基板表面）表面に対し垂直方向または垂直方向に近い方向に削り込まれるので、第2反強磁性層42の内側端部42aは絶縁層74表面（または前記基板表面）に対し垂直方向（図示Z方向）または垂直方向に近い方向に形成される。なお当然に、第2反強磁性層42の下側に形成された層まで削り込むときには、削り込まれた各層の内側端面は絶縁層74表面（または前記基板表面）に対し垂直方向または垂直方向に近い方向（絶縁層74表面（または前記基板表面）に対する角度が80°～90°に形成された状態になっている）。

【0284】なお例えば図7の点線Mのように、マスク層50の内側端部50bが、下面から上面に向け徐々に間隔50aが広がる傾斜面や湾曲面で形成されている場合、第2反強磁性層42等の内側端部42aも傾斜面あるいは湾曲面として形成される。また、第2反強磁性層42を削るときのイオンミリングやRIEの角度を調節することによって、第2反強磁性層42等の内側端部42aを傾斜面あるいは湾曲面にすることもできる。

【0285】マスク層50の内側端部50bが傾斜面あるいは湾曲面として形成されていると、削り込まれる間隔50a内のトラック幅方向（図示X方向）への幅寸法は下面に向うほど狭くなっていく。このためトラック幅Twを、マスク層50の間隔50aの幅よりもさらに小さくでき、より狭トラック化に対応可能な磁気検出素子を製造することができる。

【0286】またどこまで削り込むかは任意であるが、少なくともフリー磁性層28の中央部D上に反強磁性を帯びる程度の厚い膜厚の反強磁性層を残さないことが重要である。

【0287】または、第2反強磁性層42の成膜後、絶縁層74をベタ膜状に成膜する代わりに、第2反強磁性層42のトラック幅Twの領域を覆うリフトオフ用のレジストを形成し、第2反強磁性層42の前記レジスト層に覆われない領域上に絶縁層を成膜することにより、トラック幅方向の中央部に穴部が形成された絶縁層を形成し、この絶縁層をマスクとして、第2反強磁性層42、中間反強磁性層41を削り込むようにしてもよい。トラック幅方向の中央部に穴部が形成された絶縁層をマスクとするときには、前述のマスク層50の形成を省略することができる。なお、第2反強磁性層42上にTaなどからなる保護層を形成してからトラック幅Twの領域を覆うリフトオフ用のレジストを形成してもよい。

【0288】上記したRIEやイオンミリング工程が終了した後、第2の磁場中アニールを施す。このときの磁場方向は、トラック幅方向（図示X方向）である。なおこの第2の磁場中アニールは、第2の印加磁界を、第1反強磁性層22の交換異方性磁界よりも小さく、しかも熱処理温度を、第1反強磁性層22のブロッキング温度よりも低くする。これによって第1反強磁性層22の交換異方性磁界の方向をハイト方向（図示Y方向）に向けたまま、中間反強磁性層41の両側端部Cの交換異方性磁界をトラック幅方向（図示X方向）に向けることができる。なお第2の熱処理温度は例えば250℃であり、磁界の大きさは8～30（kA/m）、例えば24k（A/m）である。

【0289】なお、第2の磁界の大きさはフリー磁性層28の飽和磁界、反磁界より大きいことが好ましい。

【0290】中間反強磁性層41の両側端部Cは、その上に形成された第2反強磁性層42との間で発生する反強磁性的な相互作用によって反強磁性の性質を帯びているから、この第2の磁場中アニールによって、中間反強磁性層41の両側端部Cは規則化変態し、中間反強磁性層41の両側端部Cとフリー磁性層28の両側端部Cとの間に大きな交換結合磁界が発生する。これによってフリー磁性層28の両側端部Cの磁化は、トラック幅方向（図示X方向）に固定される。

【0291】一方、フリー磁性層28の中央部D上には反強磁性の性質を帯びない程度の薄い膜厚の反強磁性層しか形成されていないから、上記の第2の磁場中アニールによっても、フリー磁性層28の中央部D上に形成された中間反強磁性層41の中央部Dは規則化変態せず、中間反強磁性層41の中央部Dとフリー磁性層28の中央部D間には交換結合磁界が発生せずあるいは発生してもその値は小さく、フリー磁性層28の中央部Dが両側端部Cと同様にトラック幅方向に強固に固定されるといったことがない。また、フリー磁性層28の中央部Dの保磁力が、中間反強磁性層41によって増大することも避けることができる。

【0292】フリー磁性層28の中央部Dの磁化は外部

磁界に対し磁化反転できる程度に弱く単磁区化された状態である。

【0293】また、フリー磁性層28の中央部D上の中間反強磁性層41の膜厚は、50Å以下であるので、中間反強磁性層41へのセンス電流の分流を少なくすることができ、磁気検出素子の磁界検出力を向上させることができる。

【0294】このように本発明では、従来に比べてフリー磁性層28の磁化制御を適切に行うことができ、狭トラック化においても再生感度に優れた磁気検出素子を製造することができる。

【0295】またこの第2の磁場中アニールを図24工程の後、すなわち中間反強磁性層41上に第2反強磁性層42及び絶縁層74を成膜した後、施してもよい。

【0296】次に、図27に示す工程では、絶縁層74の上面74aから、絶縁層74及び第2反強磁性層42が削られてできた凹部76にかけて $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $AlN$ 、 $Al-Si-O$ 、 $Si_3N_4$ などの絶縁材料からなる絶縁層75をスパッタ成膜する。スパッタ法には、イオンビームスパッタ法、ロングスロースパッタ法、コリメーションスパッタ法などを使用できる。

【0297】ここで注意すべき点は、絶縁層75を形成する際のスパッタ角度 $\theta 1$ にある。図27に示すようにスパッタ方向Gは、多層膜の各層の膜面の垂直方向に対し $\theta 1$ のスパッタ角度を有しているが本発明では前記スパッタ角度 $\theta 1$ をできる限り大きくして（すなわちより寝かせて）、凹部76の側面76aに絶縁層75が成膜されやすいようにすることが好ましい。例えば前記スパッタ角度 $\theta 1$ は $50^\circ$ から $70^\circ$ である。

【0298】このように前記スパッタ角度 $\theta 1$ を大きくすることで、凹部76の側面76aに形成される絶縁層75のトラック幅方向（図示X方向）への膜厚 $t z 1$ を、絶縁層74の上面74a及び凹部76の底面76bの表面に形成される絶縁層75の膜厚 $t z 2$ よりも厚く形成できる。このように絶縁層75の膜厚を調整しないと次工程でのイオンミリングで、凹部76の側面76aの絶縁層75がすべて除去されてしまい、あるいは絶縁層75が残ってもその膜厚は非常に薄くなり、適切に分流ロスを低減させるための絶縁層として機能させることができない。

【0299】次に図28に示すように多層膜の各層の膜面と垂直方向（図示Z方向と平行な方向）あるいは垂直方向に近い角度（多層膜の各層表面の垂直方向に対し $0^\circ$ から $20^\circ$ ）からイオンミリングを施す。このとき凹部76の底面76bに形成された絶縁層75を適切に除去するまでイオンミリングを施す。このイオンミリングによって絶縁層74の上面に形成された絶縁層75も除去される。一方、凹部76の側面76aに形成された絶縁層75も若干削れるものの、底面76bに形成された絶縁層75よりも厚い膜厚 $t z 1$ を有し、しかもイオン

ミリングのミリング方向Hは、側面76aに形成された絶縁層75から見ると斜め方向になるため、側面76aに形成された絶縁層75は、底面76bに形成された絶縁層75に比べて削られ難く、よって側面76aには適度な膜厚の絶縁層75が残される。

【0300】その状態が図28である。凹部76の側面76aに残される絶縁層75のトラック幅方向における膜厚 $t z 3$ は5nmから10nmであることが好ましい。

【0301】図28に示すように第2反強磁性層42の上面42cは絶縁層74によって覆われ、また凹部76の側面76aは、絶縁層75によって覆われた状態になっている。

【0302】そして必要ならば、図29に示すように、絶縁層74、75から凹部76の底面76bにかけて非磁性層73を形成した後、上部シールドを兼ね備えた上部電極層72をスパッタまたはメッキ形成する。非磁性層73は、Ta、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuなどの非磁性導電材料で形成されることが好ましい。非磁性層73は、上部ギャップ層としての役割を有するものであるが、電流経路の出入口となる凹部76の底面76b上を例えば絶縁材料からなる非磁性層73で覆うことは電流が多層膜内に流れにくくなるため好ましくない。よって本発明では非磁性層73を非磁性導電材料で形成することが好ましい。

【0303】以上のようにして形成された磁気検出素子では、第2反強磁性層42の上面42cは絶縁層74によって覆われ、また凹部76の側面76aは、絶縁層75によって覆われた状態にでき、電極層から流れる電流の分流ロスを適切に抑制できるCPP型の磁気検出素子を製造することが可能になる。

【0304】CPP型磁気検出素子の第3の製造方法を説明する。図30に示されるように、図示しない基板上に、下部シールド層を兼用する下部電極層70をNiFeなどの磁性材料を用いて形成する。

【0305】さらに、図11と同じ工程によって、シールドレイヤ21、第1反強磁性層22、固定磁性層23、非磁性材料層27、フリー磁性層28、および非磁性層31を連続成膜する。成膜にはスパッタや蒸着法が使用される。各層の材料及び膜厚は、図11に示される同じ符号をつけた各層と同じである。

【0306】本発明でも、フリー磁性層28上に非磁性層31を形成することで、図30に示す積層体が大気暴露されてもフリー磁性層28が酸化されるのを適切に防止できる。

【0307】ここで非磁性層31は大気暴露によって酸化されにくい緻密な層である必要がある。

【0308】本発明では非磁性層31を貴金属で形成する。具体的には、Ru、Re、Pd、Os、Ir、Pt、Au、Rhのいずれか1種または2種以上からなる



貴金属で形成することが好ましい。

【0309】Ruなどの貴金属からなる非磁性層31は大気暴露によって酸化されにくい緻密な層である。したがって非磁性層31の膜厚を薄くしてもフリー磁性層28が大気暴露によって酸化されるのを適切に防止できる。

【0310】本発明では非磁性層31を3Å以上で10Å以下で形成することが好ましい。この程度の薄い膜厚の非磁性層31によっても適切にフリー磁性層28が大気暴露によって酸化されるのを適切に防止することが可能である。

【0311】このように薄い膜厚で非磁性層31を形成したことによって次工程のイオンミリング制御を適切に且つ容易に行うことができるのである。

【0312】非磁性層31までの各層を積層した後、第1の磁場中アニールを施す。トラック幅Tw（図示X方向）と直交する方向である第1の磁界（図示Y方向）を印加しつつ、第1の熱処理温度で熱処理し、第1の反強磁性層22と固定磁性層23を構成する磁性層24との間に交換結合磁界を発生させて、磁性層24の磁化を図示Y方向に固定する。もう一方の磁性層26の磁化は、磁性層24との間で働くKKY相互作用による交換結合によって図示Y方向とは逆方向に固定される。なお例えば第1の熱処理温度を270℃とし、磁界の大きさを800k（A/m）とする。

【0313】また上記した第1の磁場中アニールによって、非磁性層31を構成するRuなどの貴金属元素が、フリー磁性層28内部に拡散するものと考えられる。次に、非磁性層31の表面全体をイオンミリングし、非磁性層31を除去する。

【0314】図30に示すイオンミリング工程では、低エネルギーのイオンミリングを使用できる。なお、図30工程におけるイオンミリングの入射角度は、基板表面に対する法線方向から30°～70°にすることが好ましい。なお、イオンミリングの処理時間は数秒～10分程度である。

【0315】次に図31に示す工程では、フリー磁性層28上に、フリー磁性層28の磁性材料層30あるいは拡散防止層29と同じ材料を用いて、強磁性層45を成膜し、さらに第2反強磁性層42、絶縁層74を真空中で連続成膜する。絶縁層74は、例えばAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、AlN、Al-Si-O、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>などの絶縁材料で形成される。

【0316】なお、第2反強磁性層42を第1の反強磁性層22と同じ材質で形成することが好ましい。

【0317】また第2反強磁性層42の膜厚が80Å以上で500Å以下の厚い膜厚にすることが好ましい。

【0318】次に、絶縁層74上にトラック幅方向（図示X方向）に所定の間隔50aを開けて例えば無機材料で形成されたマスク層50を、前述した図25と同様に

して形成する。あるいは本発明ではマスク層50をレジストで形成してもよい。

【0319】さらに、マスク層50の間隔50a内から露出する絶縁層74をRIEやイオンミリングによって削り、さらに絶縁層74下の第2反強磁性層42及び強磁性層45を削り込む。

【0320】または、第2反強磁性層42の成膜後、絶縁層74をベタ膜状に成膜する代わりに、第2反強磁性層42のトラック幅Twの領域を覆うリフトオフ用のレジストを形成し、第2反強磁性層42の前記レジスト層に覆われない領域上に絶縁層を成膜することにより、トラック幅方向の中央部に穴部が形成された絶縁層を形成し、この絶縁層をマスクとして、第2反強磁性層42、強磁性層45を削り込むようにしてもよい。トラック幅方向の中央部に穴部が形成された絶縁層をマスクとするときには、前述のマスク層50の形成を省略することができる。なお、第2反強磁性層42上にTaなどからなる保護層を形成してからトラック幅Twの領域を覆うリフトオフ用のレジストを形成してもよい。

【0321】図31に示すように、第2反強磁性層42は、絶縁層74表面（または基板表面）に対し垂直方向または垂直方向に近い方向に削り込まれるので、第2反強磁性層42の内側端部42aは絶縁層74表面（または基板表面）に対し垂直方向（図示Z方向）または垂直方向に近い方向に形成される。なお当然に、第2反強磁性層42の下側に形成された層まで削り込むときには、削り込まれた各層の内側端面は絶縁層74表面（または基板表面）に対し垂直方向または垂直方向に近い方向に形成された状態になっている。

【0322】なお例えば図31の点線Mのように、マスク層50の内側端部50bが、下面から上面に向け徐々に間隔50aが広がる傾斜面や湾曲面で形成されている場合、第2反強磁性層42等の内側端部42aも傾斜面あるいは湾曲面として形成される。

【0323】上記したRIEやイオンミリング工程が終了した後、第2の磁場中アニールを施す。このときの磁場方向は、トラック幅方向（図示X方向）である。なおこの第2の磁場中アニールは、第2の印加磁界を、第1反強磁性層22の交換異方性磁界よりも小さく、しかも熱処理温度を、第1反強磁性層22のブロッキング温度よりも低くする。これによって第1反強磁性層22の交換異方性磁界の方向をハイト方向（図示Y方向）に向けたまま、第2反強磁性層42の両側端部Cの交換異方性磁界をトラック幅方向（図示X方向）に向けることができる。なお第2の熱処理温度は例えば250℃であり、磁界の大きさは8～30（kA/m）、例えば24k（A/m）である。

【0324】このため上記の第2の磁場中アニールによって、第2反強磁性層42は適切に規則化変態し、第2反強磁性層42と強磁性層45との間に適切な大きさの

交換結合磁界が発生する。さらに、強磁性層45とフリー磁性層28の両側端部Cとの間に、交換相互作用に基づく強磁性結合が発生し、これによってフリー磁性層28の両側端部Cの磁化は、トラック幅方向(図示X方向)に固定される。

【0325】なお、フリー磁性層28の中央部Dの磁化は外部磁界に対し磁化反転できる程度に弱く単磁区化された状態である。

【0326】また、図30工程で、ミリング角度を絶縁層74表面(または基板表面)の垂直方向に対し $50^\circ$ から $60^\circ$ 、ミリング時間を30秒から50秒で行うと、非磁性層31が完全に除去され、フリー磁性層28の表面がわずかに削られた状態になるが、フリー磁性層28はイオンミリングによって大きなダメージを受けないため、強磁性層45とフリー磁性層28の両側端部Cとの間には適切な強磁性結合が発生し、交換バイアス磁界の大きさを $32\sim 72$  (kA/m)にすることも可能になる。

【0327】本発明では、フリー磁性層28上に積層される強磁性層45の膜厚を薄くしても、フリー磁性層28と強磁性層45との間の磁気的な結合(強磁性的な交換相互作用)を強くできる。

【0328】強磁性層45の膜厚を薄くすると第2反強磁性層42と強磁性層45間で発生する交換結合磁界が強くなり、フリー磁性層の両側端部を強固に磁化固定できるようになる。すなわち、サイドリーディングを抑え、狭トラック化に適切に対応可能な磁気検出素子を製造できる。

【0329】また強磁性層45を薄くすると、強磁性層45の内側側面からフリー磁性層28の中央部Dに余分な静磁界が入り込むことも抑制でき、磁化反転可能なフリー磁性層28の中央部Dの外部磁界に対する感度の低下を防止できる。

【0330】本発明では、強磁性層45の膜厚を $5\text{Å}\sim 50\text{Å}$ に設定することができる。このように本発明では、従来に比べてフリー磁性層28の磁化制御を適切に行うことができ、狭トラック化においても再生感度に優れた磁気検出素子を製造することができる。

【0331】図31のイオンミリング工程によって、図32に示されるような凹部77が形成される。さらに、先に説明した図27及び図28工程と同様の工程によって、凹部77の側面77aに、トラック幅方向における膜厚 $t_{z3}$ が例えば $5\text{nm}$ から $10\text{nm}$ である絶縁層75が形成される。

【0332】図32に示すように第2反強磁性層42の上面42cは絶縁層74によって覆われ、また凹部77の側面77aは、絶縁層75によって覆われた状態になっている。

【0333】そして必要ならば、絶縁層74、75から凹部77の底面77bにかけて非磁性層73を形成した

後、上部シールドを兼ね備えた上部電極層72をスパッタまたはメッキ形成する。非磁性層73は、Ta、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuなどの非磁性導電材料で形成されることが好ましい。非磁性層73は非磁性導電材料で形成することが好ましい。

【0334】以上のようにして形成された磁気検出素子では、第2反強磁性層42の上面42cは絶縁層74によって覆われ、また凹部77の側面77aは、絶縁層75によって覆われた状態にでき、電極層から流れる電流の分流ロスを適切に抑制できるCPP型の磁気検出素子を製造することが可能になる。

【0335】なお図33は、図18に示す磁気検出素子をCPP型の磁気検出素子にした実施形態、図34は、図19に示す磁気検出素子をCPP型の磁気検出素子にした実施形態である。

【0336】すなわち図33及び図34に示す磁気検出素子はいずれも、第1反強磁性層22の下に下部シールドを兼用した下部電極層70が設けられ、また第2反強磁性層42上には絶縁層74が設けられ、凹部78、79の側面78a、79aに絶縁層75が設けられ、さらに絶縁層74、75上から凹部78、79の底面78b、79bにかけて上部シールドを兼用した上部電極層72が設けられている。

【0337】図35及び図36に示す磁気検出素子は、図22及び図29と同様にCPP型の磁気検出素子であるが、下部シールド層を兼ねる下部電極層80の形状が図22及び図29のそれとは異なっている。

【0338】すなわち、図35及び図36では、NiFeなどの磁性材料からなる下部シールド層を兼用した下部電極層80のトラック幅方向(図示X方向)の中央部に、シードレイヤ21からフリー磁性層28までの多層膜方向(図示Z方向)に突出した突出部80aが設けられ、この突出部80aの上面80a1が、下地層22からフリー磁性層28からなる多層膜の下面に接しており、突出部80aから前記多層膜内に(あるいは多層膜から突出部80aに)電流が流れるようになっている点である。

【0339】そして、下部電極層80のトラック幅方向(図示X方向)における両側端部80bと前記多層膜間に絶縁層81が設けられている。絶縁層81は、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{Al-Si-O}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ などの絶縁材料で形成される。

【0340】図35及び図36に示す磁気検出素子では、下部電極層80は、突出部80aの形成によって前記多層膜に対する電流経路が絞込まれ、さらに下部電極層80の両側端部80bと前記多層膜間に絶縁層81が設けられたことで、両側端部80bから前記多層膜内に電流が分流することを適切に抑制でき、より効果的に再生出力の大きい磁気検出素子を製造することが可能になる。

【0341】なお、図35及び図36に示す磁気検出素子では、下部電極層80の突出部80aの上面80a1のトラック幅方向（図示X方向）の幅寸法は領域Dのトラック幅方向（図示X方向）における幅寸法と一致しているが、上面80a1の幅寸法が領域Dの幅寸法より広くてもよい。より好ましくは上面80a1の幅寸法がトラック幅Twと一致することである。これによってより効果的に前記多層膜に対しトラック幅Twの領域内にのみ電流を流すことができ再生出力の大きい磁気検出素子を製造することが可能である。

【0342】また図35及び図36に示す実施形態では、下部電極層80に形成された突出部80aのトラック幅方向（図示X方向）における両側面80a2は、突出部80aのトラック幅方向における幅寸法が、前記多層膜から離れる（図示Z方向と逆方向）にしたがって徐々に広がる傾斜面あるいは湾曲面で形成されているが、両側面80a2は、トラック幅方向（図示X方向）に対して垂直面であってもかまわない。

【0343】なお、下部電極層80に突出部80aが形成され、第2反強磁性層33、42上に絶縁層71、または絶縁層74、75が設けられていない磁気検出素子であってもよい。この場合、上部電極層72と第2反強磁性層33、42間が絶縁されていないので、電流経路はトラック幅Twよりも広がりやすく再生出力は劣るものと考えられるが、前記多層膜の下面側で、下部電極層80に突出部80aが形成されることによって電流経路を絞り込むことができ、電流経路の広がりを抑えて再生出力の低下を抑制することができる。

【0344】図35及び図36に示す磁気検出素子の下部電極層80及び絶縁層81の製造方法を説明する。

【0345】まず、図37に示すように、NiFeなどの磁性材料を用いて、下部電極層80をメッキまたはスパッタ形成し、表面をポリシング等で平滑化処理した後、下部電極層80のトラック幅方向（図示X方向）の中央部にレジスト層92を形成する。

【0346】次に、図38に示すように、このレジスト層92に覆われていない下部電極層80の両側端部80bをイオンミリングで途中まで削り込む。これによって下部電極層80のトラック幅方向の中央部に突出部80aを形成することができる。

【0347】さらに、図39に示すように、レジスト層92に覆われていない下部電極層80の両側端部80b上に絶縁層81をスパッタ成膜し、絶縁層81の上面81aが下部電極層80の突出部80aの上面80a1とほぼ同一平面となった時点で前記スパッタ成膜を終了する。そしてレジスト層92を除去する。

【0348】なおレジスト層92を除去した後、下部電極層80の突出部80aの上面80a1及び絶縁層81の上面81aをCMPなどを用いて研磨し、突出部80aの上面80a1と絶縁層81の上面81aを高精度に

同一平面となるようにしてもよい。この場合最初のポリシング等の平滑化処理を省略することができる。

【0349】レジスト層92を除去した後、下部電極層80及び絶縁層81上に、シールドレイヤ21、第1反強磁性層22、固定磁性層23、非磁性材料層27、フリー磁性層28を積層する。

【0350】なお、上述した実施の形態のCPP型の磁気検出素子では下部シールド層を兼ねる下部電極層70または80及び上部シールド層を兼ねる上部電極層72を多層膜の上下に接して形成しているが、このような構成によって電極層とシールド層とを別々に形成する必要性がなくなり、CPP型の磁気検出素子の製造を容易化することが可能になる。

【0351】しかも電極機能とシールド機能とを兼用させれば、シールド層間の間隔で決定されるギャップ長G1を非常に短くすることができ、今後の高記録密度化により適切に対応可能な磁気検出素子を製造することが可能になる。

【0352】また、本発明では、多層膜の上面及び／または下面に、例えばAu、W、Cr、Taなどからなる電極層を設け、多層膜と反対側の電極層の面にギャップ層を介して磁性材料製のシールド層を設ける構成であってもかまわない。

【0353】なお、上述した実施の形態のCPP型の磁気検出素子では非磁性材料層27がCuなどの非磁性導電材料で形成されてもよいし、あるいは非磁性材料層27がAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やSiO<sub>2</sub>などの絶縁材料で形成されてもよい。前者の磁気検出素子はスピンバルブGMR型磁気抵抗効果素子と呼ばれる構造（CPP-GMR）であり、後者の磁気検出素子はスピンバルブトンネル型磁気抵抗効果素子（CPP-TMR）と呼ばれる構造である。

【0354】トンネル型磁気抵抗効果素子は、トンネル効果を利用して抵抗変化を生じさせるものであり、固定磁性層23とフリー磁性層28との磁化が反平行のとき、最も前記非磁性材料層27を介したトンネル電流が流れにくくなって、抵抗値は最大になり、一方、固定磁性層23とフリー磁性層28との磁化が平行のとき、最もトンネル電流が流れ易くなり抵抗値は最小になる。

【0355】この原理を利用し、外部磁界の影響を受けてフリー磁性層28の磁化が変動することにより、変化する電気抵抗を電圧変化（定電流動作の場合）または電流変化（定電圧動作の場合）としてとらえ、記録媒体からの洩れ磁界が検出されるようになっている。

【0356】以上本発明をその好ましい実施例に関して述べたが、本発明の範囲から逸脱しない範囲で様々な変更を加えることができる。

【0357】なお、上述した実施例はあくまでも例示であり、本発明の特許請求の範囲を限定するものではない。

## 【0358】

【発明の効果】以上詳細に説明した本発明では、フリー磁性層または中間反強磁性層の上に貴金属からなる非磁性層を積層している。これら貴金属は、酸化されにくい材質であり、膜厚が薄くても十分な酸化防止効果を発揮する。そのため、後の工程で前記非磁性層を除去するときに、低エネルギーのイオンミリングを使用できる。

【0359】低エネルギーのイオンミリングはミリングレートが遅く、ミリング止め位置のマージンを狭くすることが可能になる。特に、前記非磁性層をイオンミリングで除去した瞬間にミリングを止めることも可能になる。従って、フリー磁性層または中間反強磁性層はイオンミリングによって大きなダメージを受けなくなる。

【0360】前記フリー磁性層上に強磁性層が積層された上で、この強磁性層上に第2反強磁性層が連続成膜される場合、前記フリー磁性層上に積層される前記強磁性層との間の磁気的な結合（強磁性的な交換相互作用）は強くなり、前記強磁性層の膜厚を薄くして、第2反強磁性層と前記強磁性層間で発生する交換結合磁界を強くすることができる。従って、前記フリー磁性層の両側端部を強固に磁化固定でき、サイドリーディングを抑え、狭トラック化に適切に対応可能な磁気検出素子を製造できる。

【0361】また前記強磁性層を薄くすると、前記強磁性層の内側側面から前記フリー磁性層の中央部に余分な静磁界が入り込むことも抑制でき、磁化反転可能なフリー磁性層の中央部の外部磁界に対する感度の低下を防止できる。

【0362】また、前記中間反強磁性層の上に前記非磁性層が積層された状態で、第1の磁場中アニールをする場合、前記非磁性層を形成するための貴金属材料が、前記中間反強磁性層の材料と混合したときに、この混合物が反強磁性を示すものにより、前記貴金属材料が前記中間反強磁性層の内部に拡散しても、前記中間反強磁性層の反強磁性が劣化することをなくすることができる。

【0363】また本発明における磁気検出素子はCIP型の磁気検出素子でもCPP型の磁気検出素子でもどちらにも適用可能である。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の一工程図、  
 【図2】本発明の第1の実施の形態の一工程図、  
 【図3】本発明の第1の実施の形態の一工程図、  
 【図4】本発明の第1の実施の形態の製造方法によって形成された磁気検出素子の断面図、  
 【図5】本発明の第2の実施の形態の一工程図、  
 【図6】本発明の第2の実施の形態の一工程図、  
 【図7】本発明の第2の実施の形態の一工程図、  
 【図8】本発明の第2の実施の形態の一工程図、  
 【図9】本発明の第2の実施の形態の製造方法によって

形成された磁気検出素子の断面図、

【図10】本発明の第2の実施の形態の製造方法によって形成された磁気検出素子の断面図、

【図11】本発明の第3の実施の形態の一工程図、

【図12】本発明の第3の実施の形態の一工程図、

【図13】本発明の第3の実施の形態の製造方法によって形成された磁気検出素子の断面図、

【図14】本発明におけるフリー磁性層の形態を記録媒体との対向面側から見た部分拡大断面図、

【図15】本発明におけるフリー磁性層の形態を記録媒体との対向面側から見た部分拡大断面図、

【図16】本発明におけるフリー磁性層の形態を記録媒体との対向面側から見た部分拡大断面図、

【図17】本発明におけるフリー磁性層の形態を記録媒体との対向面側から見た部分拡大断面図、

【図18】本発明の第2の実施の形態の製造方法によって形成された磁気検出素子の断面図、

【図19】本発明の第2の実施の形態の製造方法によって形成された磁気検出素子の断面図、

【図20】本発明の第3の実施の形態の一工程図、

【図21】本発明の第3の実施の形態の一工程図、

【図22】本発明の第3の実施の形態の一工程図、

【図23】本発明の第4の実施の形態の一工程図、

【図24】本発明の第4の実施の形態の一工程図、

【図25】本発明の第4の実施の形態の一工程図、

【図26】本発明の第4の実施の形態の一工程図、

【図27】本発明の第4の実施の形態の一工程図、

【図28】本発明の第4の実施の形態の一工程図、

【図29】本発明の第4の実施の形態の一工程図、

【図30】本発明の第5の実施の形態の一工程図、

【図31】本発明の第5の実施の形態の一工程図、

【図32】本発明の第5の実施の形態の一工程図、

【図33】本発明の第6の実施の形態の製造方法によって形成された磁気検出素子の断面図、

【図34】本発明の第7の実施の形態の製造方法によって形成された磁気検出素子の断面図、

【図35】本発明の第8の実施の形態の製造方法によって形成された磁気検出素子の断面図、

【図36】本発明の第9の実施の形態の製造方法によって形成された磁気検出素子の断面図、

【図37】本発明の第8及び第9の実施の形態の一工程図、

【図38】本発明の第8及び第9の実施の形態の一工程図、

【図39】本発明の第8及び第9の実施の形態の一工程図、

【図40】従来の磁気検出素子を示す断面図、

【図41】従来の磁気検出素子の製造方法を示す一工程図、

【図42】従来の磁気検出素子の製造方法を示す一工程

図、

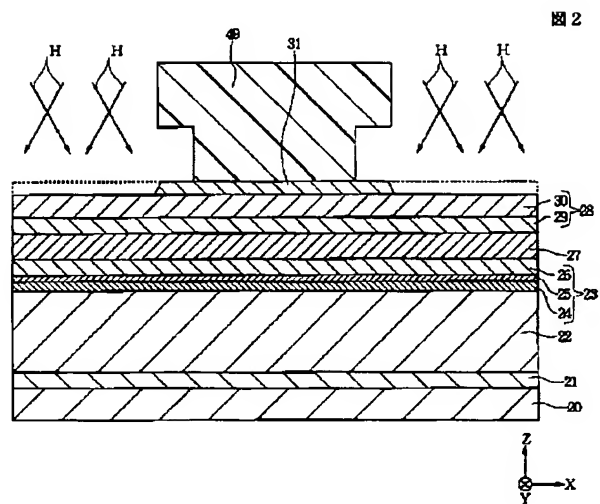
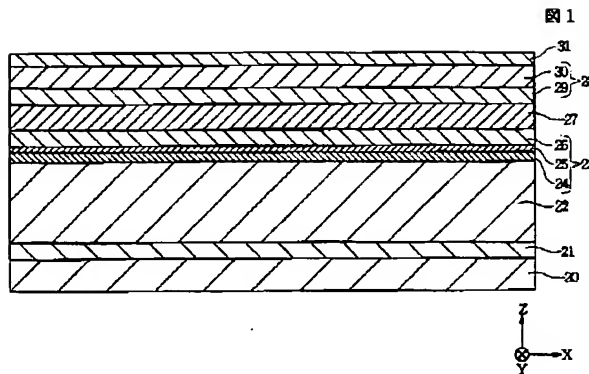
【符号の説明】

20 基板  
21 シードレイヤ  
22 第1反強磁性層  
23 固定磁性層  
27 非磁性材料層  
28 フリー磁性層  
31 非磁性層

32、45 強磁性層  
33、42 第2反強磁性層  
34、44 電極層  
41 中間反強磁性層  
C 両側端部  
D 中央部  
70、80 下部電極層  
71、74、75 絶縁層  
72 上部電極層

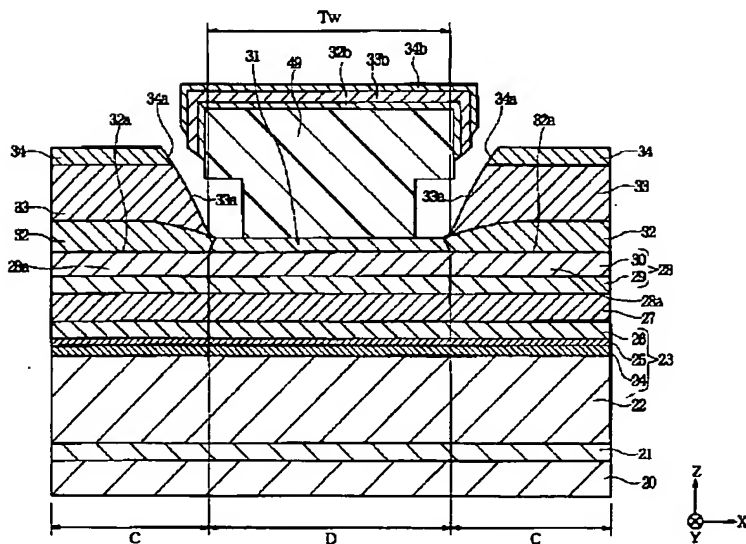
【図1】

【図2】



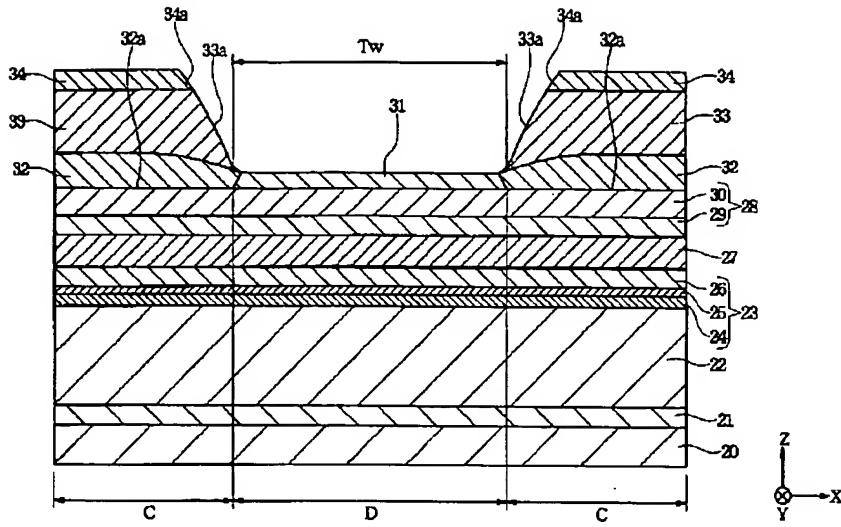
【図3】

図3



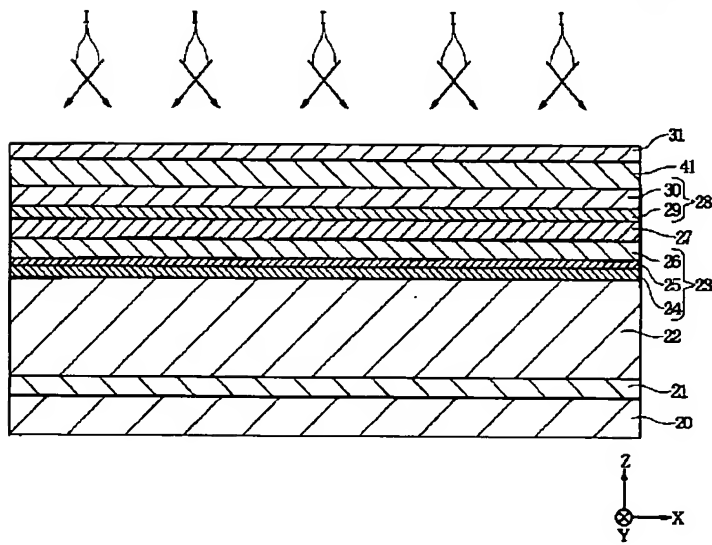
【図4】

図4



【図5】

図5

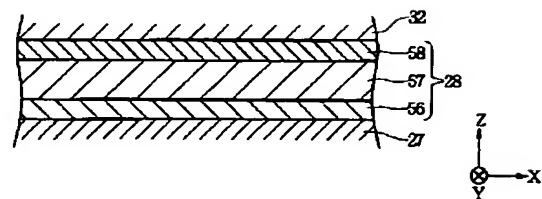
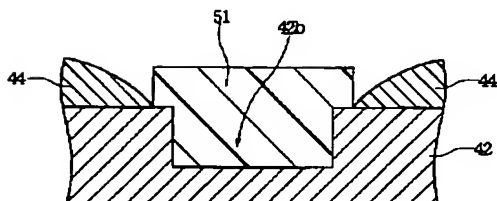


【図8】

【図14】

図8

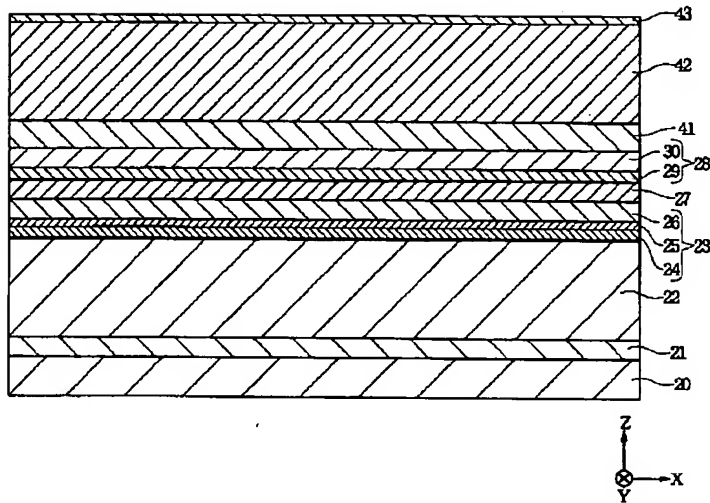
図14





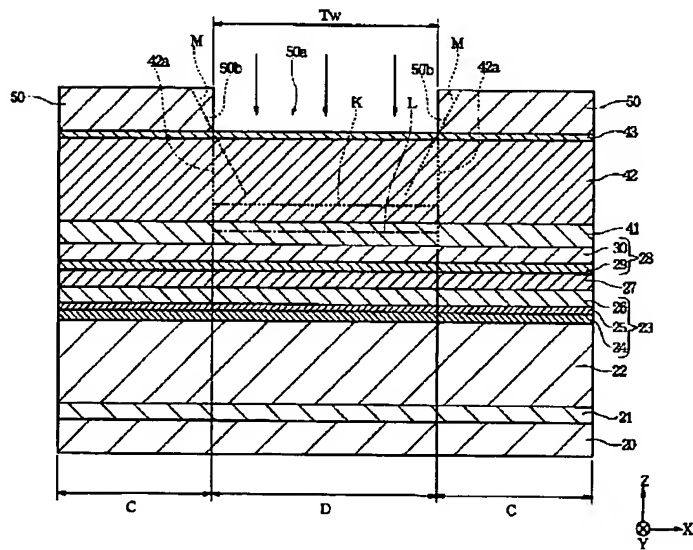
【図6】

図6



【図7】

図7

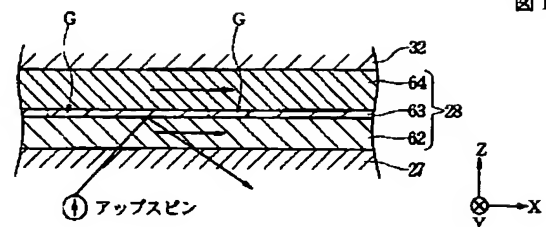
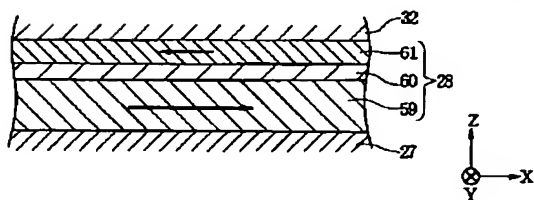


【図15】

【図16】

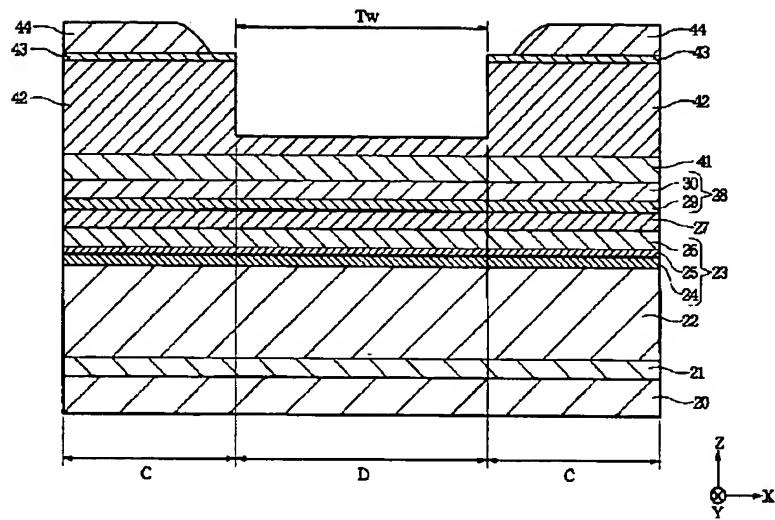
図15

図16



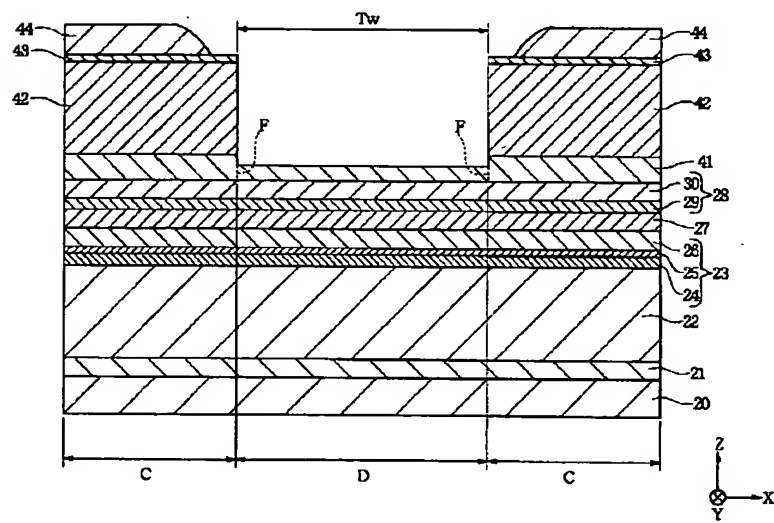
【図9】

図9



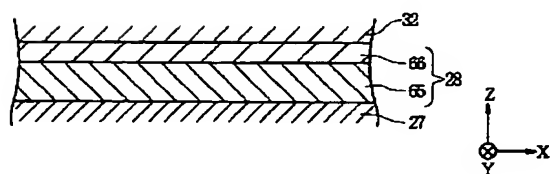
【図10】

図10



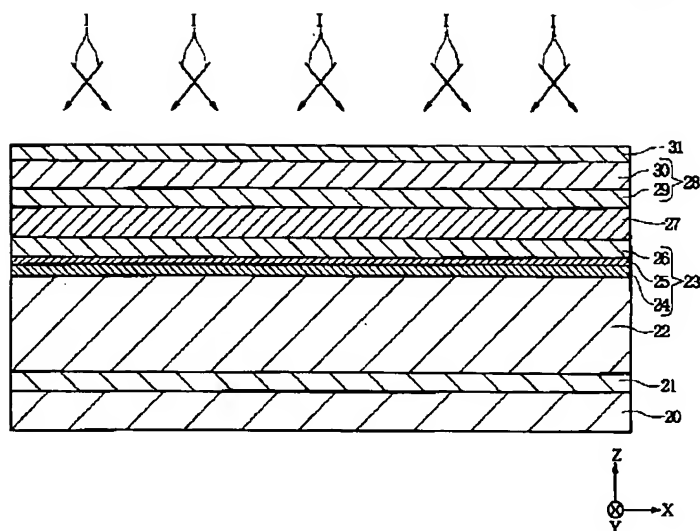
【図17】

図17



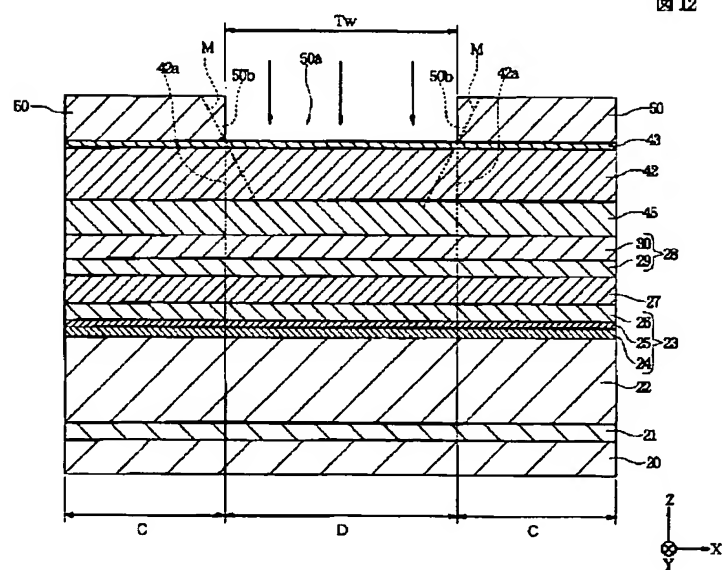
【図11】

図 11



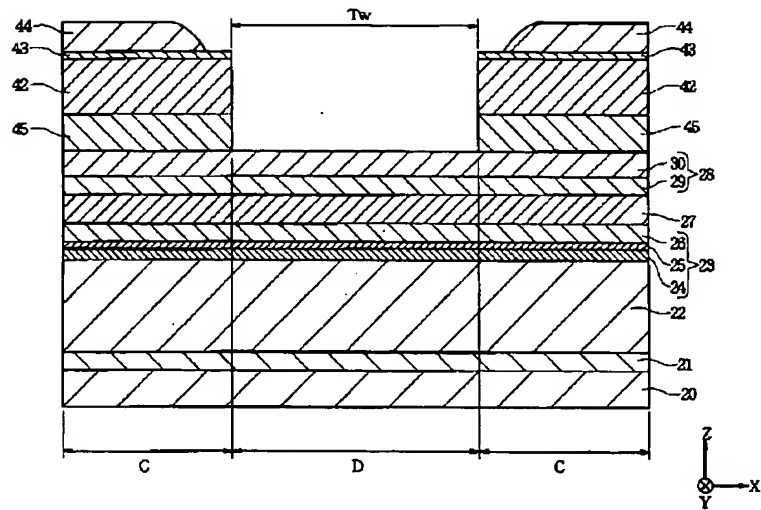
【図12】

図 12



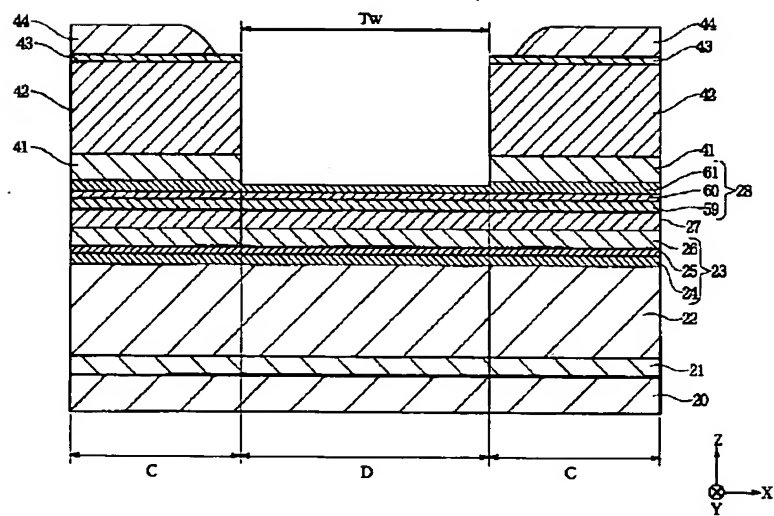
【図13】

図 13



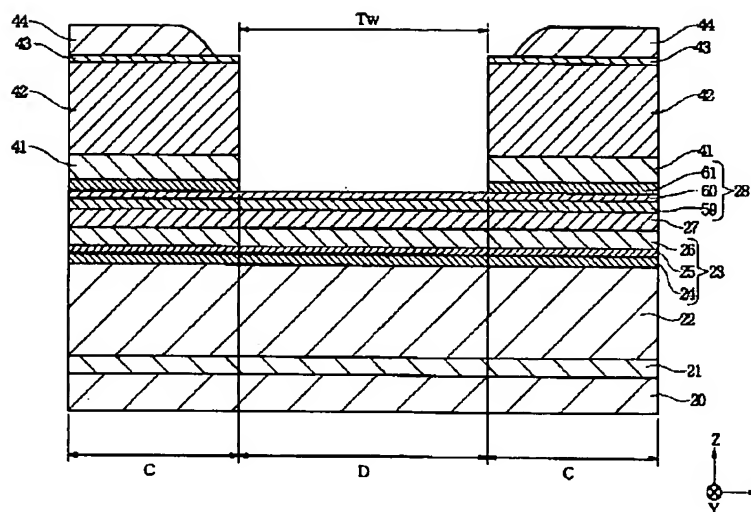
【図18】

図 18



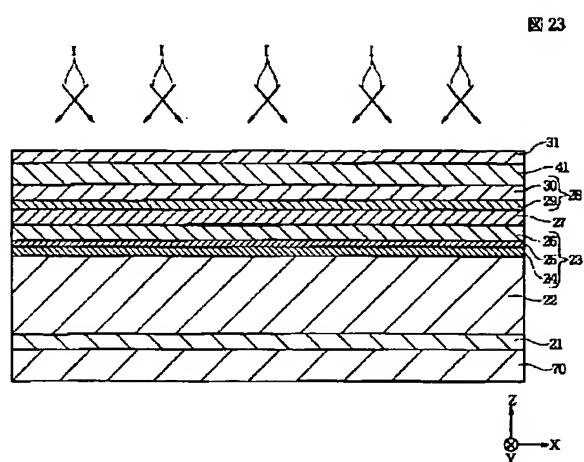
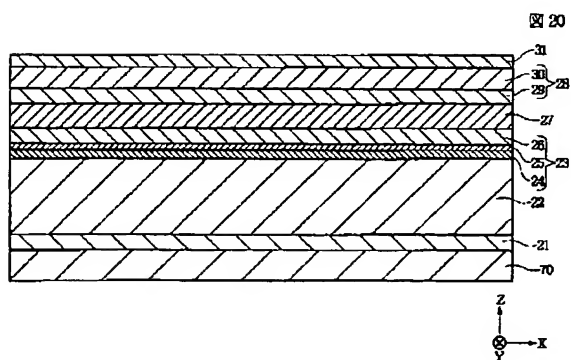
【図19】

図 19



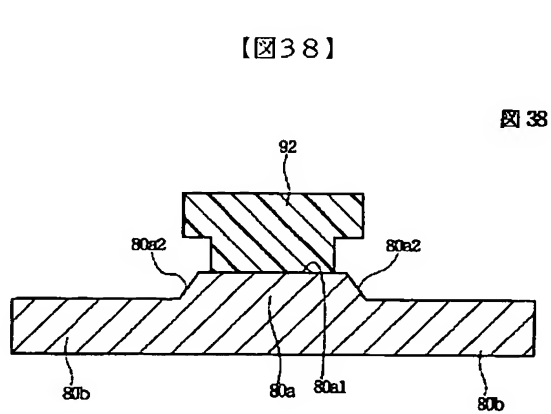
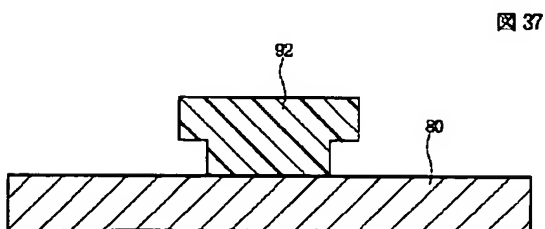
【図20】

【図23】



【図37】

【図38】



【例 21】

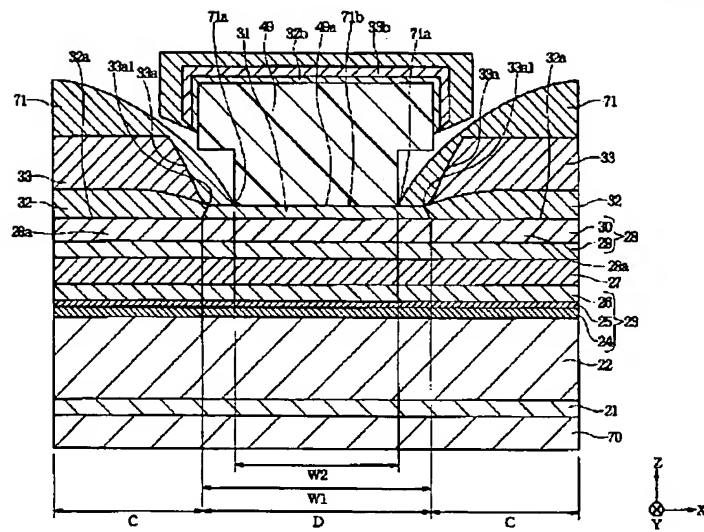
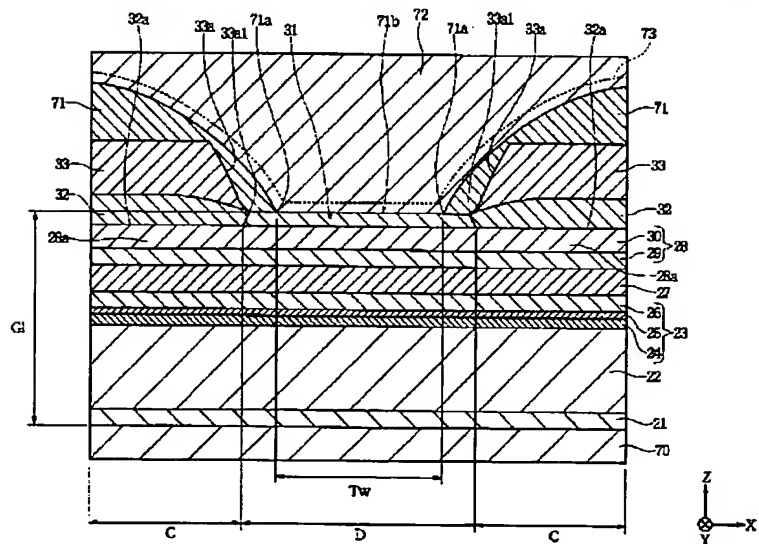


图 21

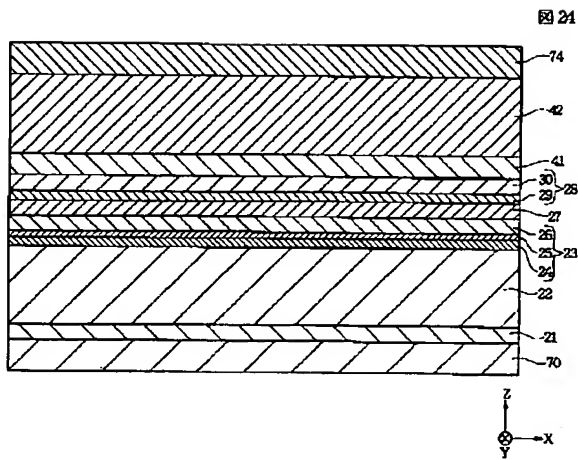
【图22】



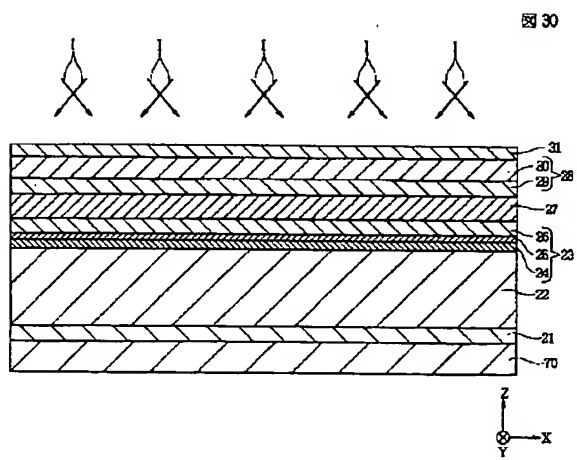
22



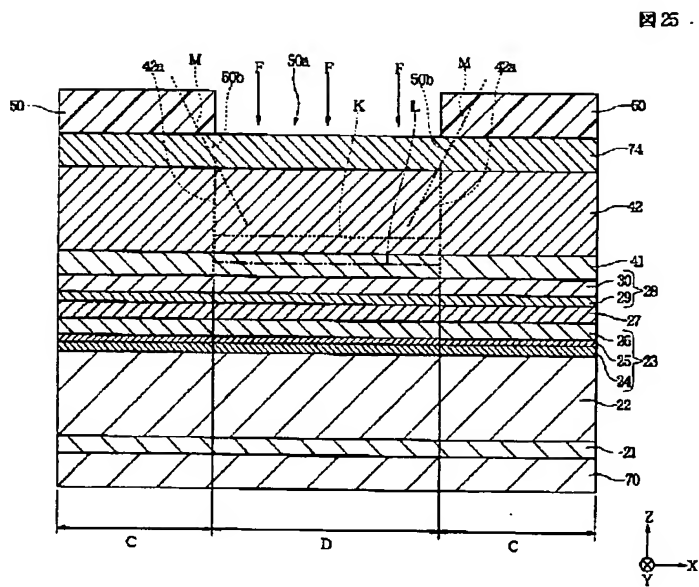
【図24】



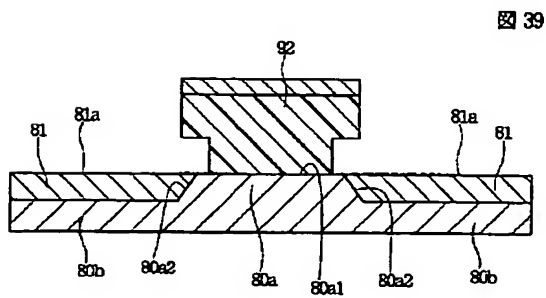
【図30】



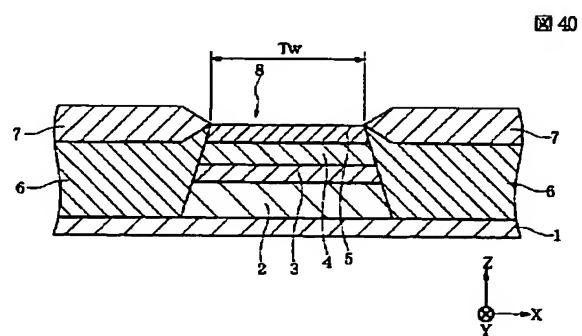
【図25】



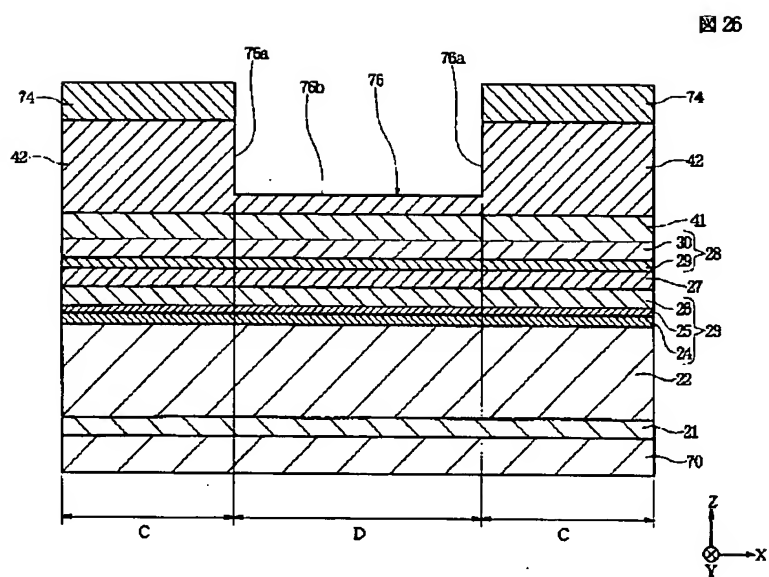
【図39】



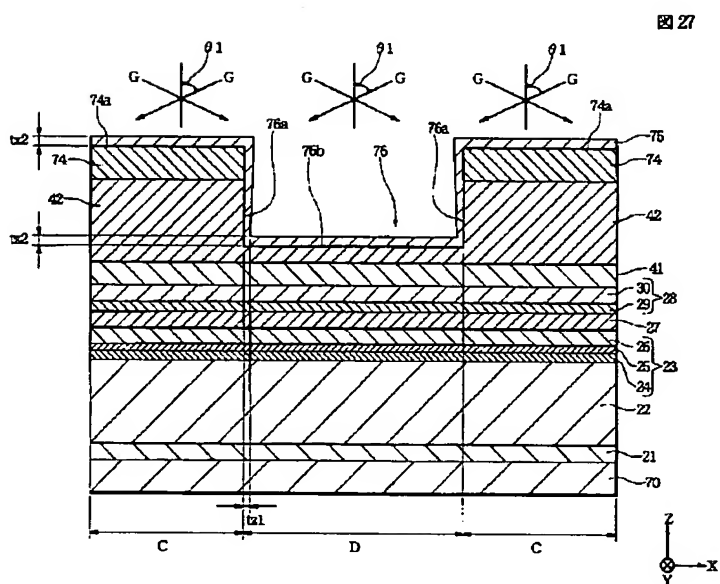
【図40】



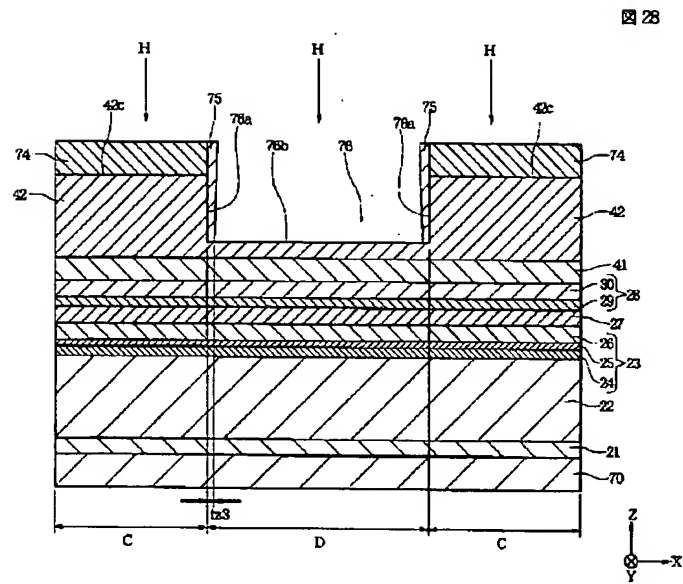
【図26】



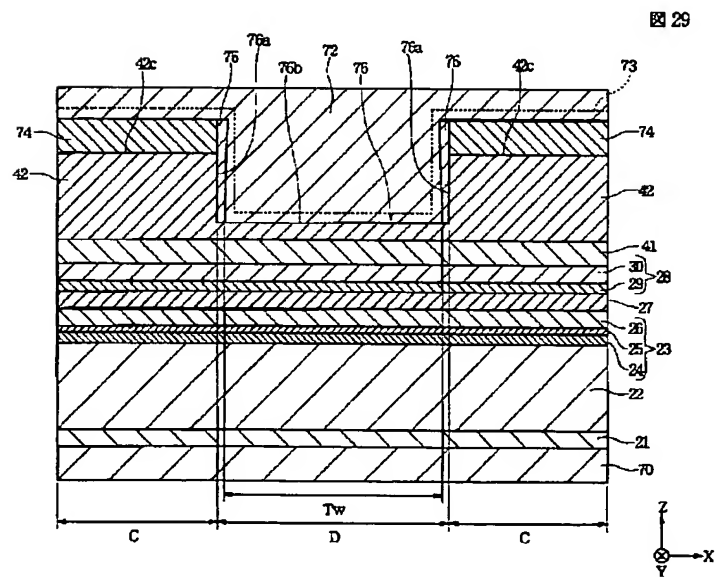
【図27】



【図28】

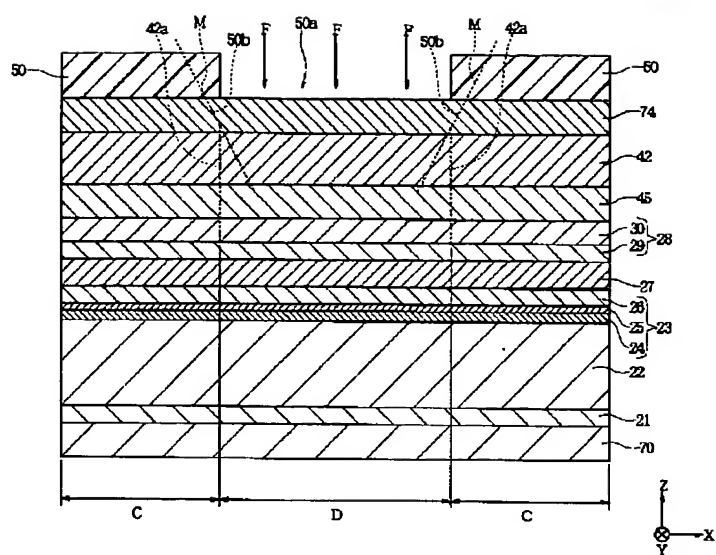


【図29】



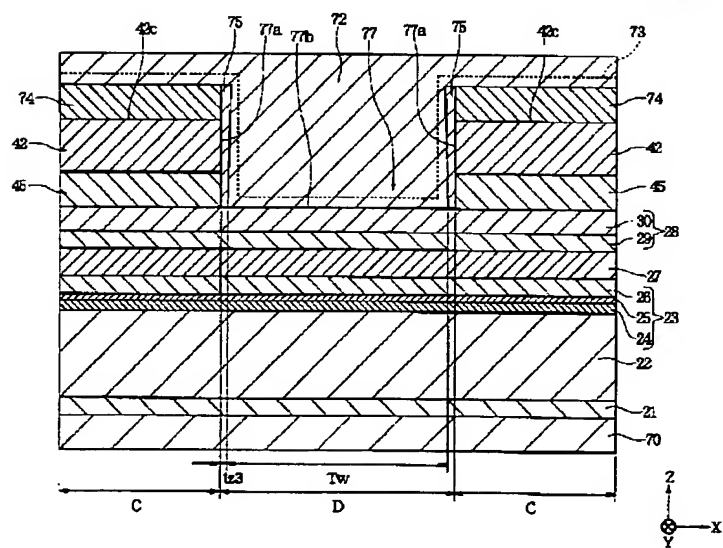
【図31】

図31

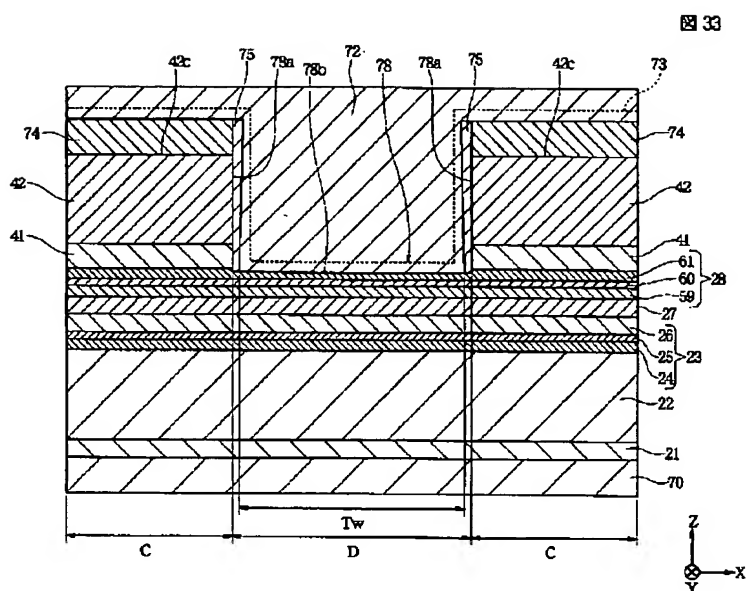


【図32】

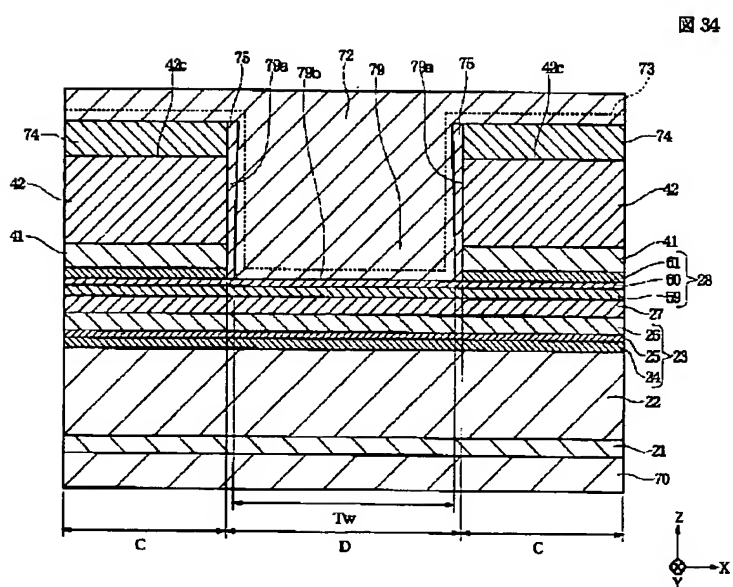
図32



【図33】

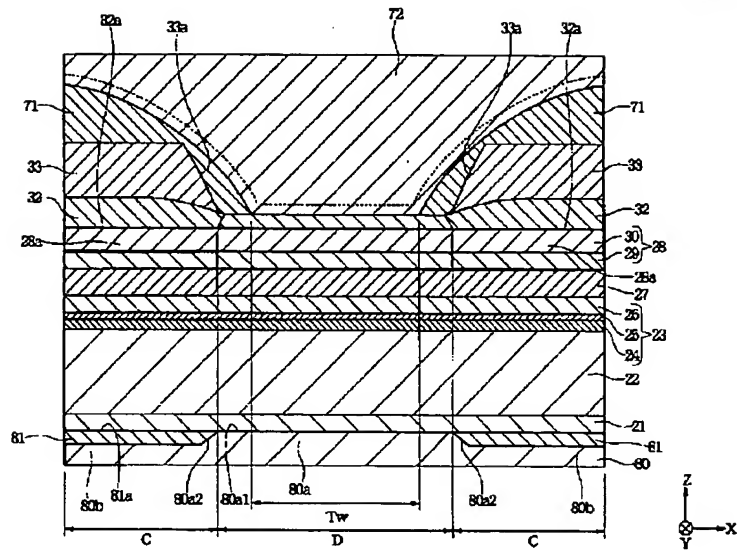


【図34】



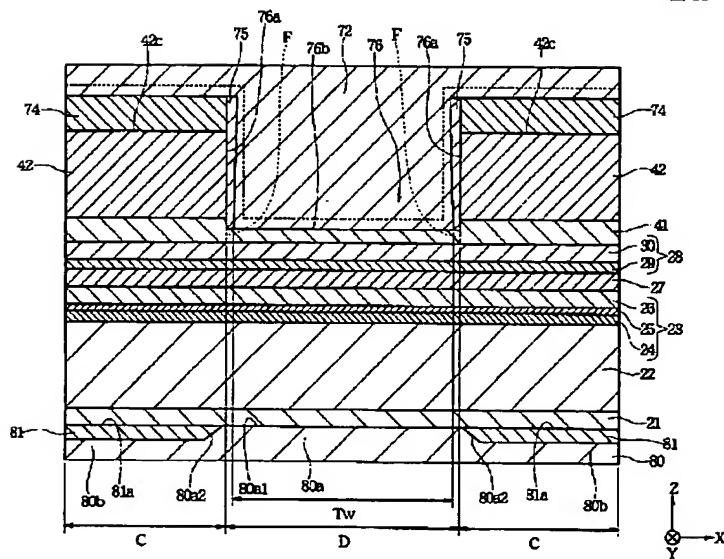
【図35】

図 35



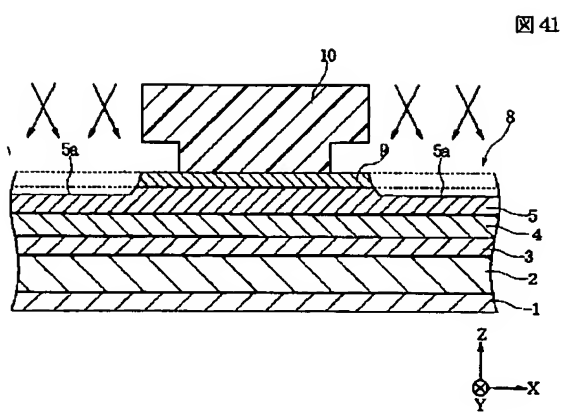
【図36】

図 36

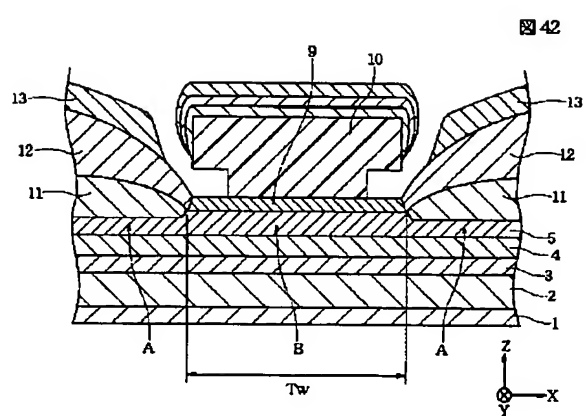




【図41】



【図42】



# *Machine Translation of JP 2003-179284*

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention] [0001] [The technical field to which invention belongs] This invention can mainly relate to the magnetic sensing element used for a hard disk drive unit, a magnetometric sensor, etc., especially can perform magnetization control of a free magnetic layer appropriately also in the formation of a \*\* truck, and relates to the manufacture method of a magnetic sensing element excellent in reproducing characteristics. [0002] [Description of the Prior Art] Drawing 40 is the fragmentary sectional view which looked at the structure of the conventional magnetic sensing element from the opposed face side with a record medium. [0003] A sign 1 is a substrate and the multilayers 8 which consist of the antiferromagnetism layer 2, the fixed magnetic layer 3, a non-magnetic material layer 4, and a free magnetic layer 5 are formed on said substrate 1. The hard bias layer 6 is formed in the both sides of said multilayers 8, and the electrode layer 7 is formed on said hard bias layer 6. [0004] Magnetization of said fixed magnetic layer 3 is fixed in the direction of illustration Y by the switched connection magnetic field generated between said antiferromagnetism layers 2. On the other hand, magnetization of the free magnetic layer 5 is arranged in the direction of illustration X by the vertical bias magnetic field from the hard bias layer 6. [0005] As shown in drawing 40, the width of recording track Tw is regulated with the width-of-face size of the truck cross direction (the direction of illustration X) of said free magnetic layer 5, and the size of said width of recording track Tw is still smaller with the raise in future recording density. [0006] However, when \*\* truck-ization progressed, with the structure of the magnetic sensing element shown in drawing 40, magnetization control of the free magnetic layer 5 was not able to be performed appropriately. [0007] (1) With the structure first shown in drawing 40, although the width-of-face size of the free magnetic layer 5 becomes short with the formation of a \*\* truck, the field influenced of the strong vertical bias magnetic field from the hard bias layer 6 accounts for a big rate within the free magnetic layer 5, so that it becomes \*\* truck-ization. Since it becomes the insensible field which cannot carry out magnetization fluctuation easily to an external magnetic field in a carrier beam field and the ratio of this insensible field becomes large with the formation of a \*\* truck about a strong vertical bias magnetic field, playback sensitivity falls. [0008] (2) It will tend to be in a discontinuous condition magnetically between the hard bias layer 6 and the free magnetic layer 5. If the bias substrate layer especially formed by Cr etc. between said hard bias layers 6 and free magnetic layers 5 intervenes, it is still more so. [0009] The effect of an anti-magnetic field of the truck cross direction edge of the free magnetic layer 5 becomes strong by such magnetic discontinuous condition, and it becomes easy to produce the phenomenon (buckling phenomenon) which disturbs magnetization of the free magnetic layer 5. It becomes easy to be generated to the large field of the free magnetic layer 5, and the problem that the stability of a playback wave falls by this generates this buckling phenomenon, so that it becomes \*\* truck-ization. [0010] (3) While a part of vertical bias magnetic field from the hard bias layer 6 escapes in the shield layer (not shown) in which the magnetic sensing element shown in drawing 40 was formed up and down and it disturbs the magnetization condition of a shield layer with narrow-gap-izing, the vertical bias magnetic field

which should be supplied to the free magnetic layer 5 becomes weaker, and magnetization control of the free magnetic layer 5 cannot be performed appropriately. [0011] In order to cancel the above-mentioned trouble, recently, the exchange bias method with which magnetization control of the free magnetic layer 5 used the antiferromagnetism layer on the free magnetic layer is being adopted. [0012] The magnetic sensing element using an exchange bias method is manufactured using the manufacturing process shown in drawing 41 and drawing 42 . Drawing 41 and drawing 42 are the fragmentary sectional views which looked at the magnetic sensing element from the opposed face side with a record medium. [0013] At the production process shown in drawing 41 , the antiferromagnetism layer 2 which consists of a PtMn alloy is formed on a substrate 1, and laminating formation of the fixed magnetic layer 3 of further the product made from a magnetic material, the non-magnetic material layer 4, and the free magnetic layer 5 made from a magnetic material is carried out. And the Ta film 9 for preventing oxidizing, when atmospheric-air exposure of said free magnetic layer 5 surface is carried out on said free magnetic layer 5 is formed. [0014] Next, the resist layer 10 for lift off is formed on said Ta film 9 shown in drawing 41 , and said Ta film 9 exposed to the both sides of the track cross direction (the direction of illustration X) which is not covered with said resist layer 10 is altogether removed by ion milling. At this time, the free magnetic layer 5 under said Ta film 9 is also deleted in part (a dotted line portion is deleted). [0015] Next, at the production process shown in drawing 42 , continuation membrane formation of the 2nd antiferromagnetism layer 12 formed with the ferromagnetic layer 11, the IrMn alloy, etc. on the free magnetic layer 5 exposed to the both sides of the resist layer 10 and the electrode layer 13 is carried out. And removal of the resist layer 10 shown in drawing 42 completes the magnetic sensing element using an exchange bias method. [0016] And in the magnetic sensing element shown in drawing 42 , the width of recording track  $T_w$  can be regulated at intervals of the track cross direction between the ferromagnetic layers 11 (illustration X walk), and said ferromagnetic layer 11 is firmly fixed in the direction of illustration X by the switched connection magnetic field generated between said 2nd antiferromagnetism layers 12. The both-sides edge A of the free magnetic layer 5 located under said ferromagnetic layer 11 by this was firmly fixed in the direction of illustration X by ferromagnetic association between said ferromagnetic layers 11, and it was thought that the center section B of the free magnetic layer 5 of a width-of-recording-track  $T_w$  field was weakly single-domain-ized by the degree which can carry out magnetization fluctuation to an external magnetic field. [0017] When it was a magnetic sensing element using this exchange bias method, it was expected that the above-mentioned trouble of (1) - (3) was appropriately cancelable. [0018] [Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the following technical problems arose in the magnetic sensing element formed by the manufacturing process shown in drawing 41 and drawing 42 . [0019] (1) It becomes easy to enter the interior from the free magnetic layer 5 surface which inert gas, such as Ar which can delete not only to the Ta film 9 but to a part of free magnetic layer 5 formed in the bottom of it, and is first used at the time of ion milling at the time of the ion milling in the production process shown in drawing 41 , exposed, and the crystal structure of surface partial 5a of said free magnetic layer 5 breaks by the damage by the above ion milling, or it becomes easy to generate a lattice defect (the Mixing effect) The magnetic properties of surface partial 5a of said free magnetic layer 5 tend to deteriorate by this. [0020] Although it is the most desirable if only the Ta film 9 is shaved at the time of the ion milling of the drawing 41 production process and it can avoid

deleting the free magnetic layer 5, it is difficult to actually carry out milling control such. [0021] The reason is in the thickness of the Ta film 9 formed on the free magnetic layer 5. It is the thickness of said Ta film 9 at the membrane formation time, and it is formed by 30A - about 50A. It is because it cannot prevent appropriately that the free magnetic layer 5 oxidizes if it is not thick thickness of this level. [0022] However, the Ta film 9 is put to atmospheric air, or oxidizes by annealing in a magnetic field for generating a switched connection magnetic field between the fixed magnetic layer 3, the ferromagnetic layer 11, the antiferromagnetism layer 2, and 12, the thickness of the portion which oxidized expands, and the thickness of said Ta film 9 whole becomes thicker than a membrane formation phase. For example, when the thickness of the Ta film 9 is about 30A at the time of membrane formation, the thickness of said Ta film 9 will become large by oxidation at about 45A. [0023] Therefore, in order for thickness to remove effectively the Ta film 9 which became large by milling by oxidation, it is necessary to use the ion milling of high energy. Since it is the ion milling of high energy, a milling rate is quick, and it is next to impossible to stop milling at the moment of removing the thick Ta film 9 of thickness by ion milling. Namely, the more it becomes high energy, the more it is necessary to take the large margin of a milling stop location. For this reason, the free magnetic layer 5 formed in the bottom of said Ta film will also be deleted in part, and deterioration of magnetic properties becomes remarkable too many by the ion milling of high energy that the free magnetic layer 5 tends to receive a serious damage at this time. [0024] (2) Moreover, since the thickness of the free magnetic layer 5 is thinly formed in 30A - about 40A together with using the ion milling of high energy, it is also difficult to stop ion milling in the middle of the free magnetic layer 5, as shown in drawing 41. That is, when the worst, the both-sides edge A of the free magnetic layer 5 may be altogether removed by ion milling. Thus, since the thickness of the free magnetic layer 5 is thin, it is difficult to stop ion milling in the middle of said free magnetic layer 5 itself. [0025] (3) Magnetic properties have deteriorated by the damage according [ the free magnetic layer 5 surface exposed by ion milling as mentioned above ] to said ion milling. For this reason, on said free magnetic layer 5, for this reason, magnetic association between the ferromagnetic layers 11 by which a laminating is carried out (ferromagnetism-exchange interaction) needs to form the thickness of the ferromagnetic layer 11 thickly rather than is enough. [0026] Since the switched connection magnetic field generated between the antiferromagnetism layers 12 will become weaker shortly if the thickness of the ferromagnetic layer 11 is formed thickly, after all, the magnetization immobilization of the both-sides edge A of the free magnetic layer 5 cannot be carried out firmly, but the problem of side leading occurs, and it becomes impossible however, to manufacture the magnetic sensing element which can respond suitable for the formation of a \*\* truck. [0027] Moreover, if the ferromagnetic layer 11 is formed too much thickly, from the inside side of said ferromagnetic layer 11, an excessive static magnetic field will become easy to reach the center section B of said free magnetic layer 5, and the sensitivity to the external magnetic field of the center section B of the free magnetic layer 5 in which flux reversal is possible will tend to fall to it. [0028] As mentioned above, the Ta film 9 was formed on the free magnetic layer 5, with the structure of a magnetic sensing element of piling up the ferromagnetic layer 11 and the 2nd antiferromagnetism layer 12 on the free magnetic layer 5 which deleted the both sides of said Ta film 9, and was exposed, magnetization control of the free magnetic layer 5 could not still be performed appropriately, and the magnetic sensing element which can respond was not able

to be manufactured suitable for the formation of a \*\* truck. [0029] Then, this invention is for solving the above-mentioned conventional technical problem, and in an exchange bias method, magnetization control of a free magnetic layer can be performed appropriately, and it aims at offering the manufacture method of the magnetic sensing element which can respond suitable for the formation of a \*\* truck. [0030] [Means for Solving the Problem] This invention is the manufacture method of a magnetic sensing element characterized by having the following production processes. (a) A production process which forms on a substrate multilayers by which the laminating was carried out to order of the 1st antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a non-magnetic material layer, a free magnetic layer, and a non-magnetic layer that consists of a noble-metals material from the bottom, (b) A production process which gives 1st annealing in a magnetic field, is made to generate a switched connection magnetic field between said 1st antiferromagnetism layers and fixed magnetic layers, and fixes the magnetization direction of said fixed magnetic layer, (c) A production process at which a both-sides edge of said non-magnetic layer is removed, and the both-sides edge surface of said free magnetic layer is exposed, (d) A production process which forms a ferromagnetic layer on said free magnetic layer exposed to both sides of said non-magnetic layer, 2nd annealing in a magnetic field is given. (e) -- a production process which forms the 2nd antiferromagnetism layer on said ferromagnetic layer, and (f) -- A production process which is made to generate a switched connection magnetic field between said 2nd antiferromagnetism layers and said ferromagnetic layers, and fixes magnetization of a both-sides edge of said ferromagnetic layer and said free magnetic layer in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction. [0031] It is for preventing from oxidation in the aforementioned (a) production process of this invention according [ said non-magnetic layer ] said free magnetic layer to atmospheric-air exposure. [0032] In this invention, said non-magnetic layer is formed with a noble-metals material. These noble metals are the quality of the materials which cannot oxidize easily. Since Ta film currently used conventionally tends to oxidize compared with a noble-metals material, it is not desirable. in this invention, manufacturing a magnetic sensing element which could use ion milling of low energy and was effectively excellent in \*\* truck-ization at the aforementioned (c) production process replacing with Ta film and using noble metals in order to demonstrate sufficient antioxidizing effect, even if thickness of a non-magnetic layer is thin has twisted possible. [0033] Ion milling of low energy has a late milling rate, and it becomes possible to narrow a margin of a milling stop location. It also becomes possible to stop milling at the moment of removing said non-magnetic layer by ion milling especially. A free magnetic layer stops therefore, receiving a serious damage by ion milling. [0034] For this reason, on said free magnetic layer, magnetic association between said ferromagnetic layers by which a laminating is carried out (ferromagnetism-exchange interaction) becomes strong, and can form thickness of said ferromagnetic layer thinly. [0035] If thickness of said ferromagnetic layer is made thin, a switched connection magnetic field generated between the 2nd antiferromagnetism layer and said ferromagnetic layer becomes strong, and comes to be able to carry out magnetization immobilization of the both-sides edge of said free magnetic layer firmly. That is, side leading is stopped and a magnetic sensing element which can respond can be manufactured suitable for formation of a \*\* truck. [0036] Moreover, if said ferromagnetic layer is made thin, it can also be controlled that an excessive static magnetic field enters a center section of said free magnetic layer from the inside side of said ferromagnetic layer, and a fall of sensitivity to an

external magnetic field of a center section of the free magnetic layer in which flux reversal is possible can be prevented. [0037] In this invention, thickness of said ferromagnetic layer can be set as 5A - 50A. In addition, damages which said free magnetic layer receives are entering the interior from the surface of said free magnetic layer which inert gas, such as Ar used for example, at the time of ion milling, exposed, and a thing (the Mixing effect) which the crystal structure of a surface portion of said free magnetic layer breaks, and a lattice defect generates. The magnetic properties of a surface portion of said free magnetic layer tend to deteriorate by these damages. [0038] Moreover, this invention is the manufacture method of a magnetic sensing element characterized by having the following production processes. (g) A production process which forms on a substrate multilayers by which the laminating was carried out from the bottom in order of a non-magnetic layer which consists of a 1st antiferromagnetism layer, fixed magnetic layer, non-magnetic material layer, free magnetic layer, and middle antiferromagnetism layer and noble metals, (h) A production process which gives 1st annealing in a magnetic field, is made to generate a switched connection magnetic field between said 1st antiferromagnetism layers and fixed magnetic layers, and fixes the magnetization direction of said fixed magnetic layer, (i) A production process at which said non-magnetic layer is all removed and the surface of said middle antiferromagnetism layer is exposed, (j) A production process which forms the 2nd antiferromagnetism layer on said middle antiferromagnetism layer, and a production process which deletes a center section of the 2nd antiferromagnetism layer of (k) above, (l) Production process which gives 2nd annealing in a magnetic field, is made to generate a switched connection magnetic field between a both-sides edge of a middle antiferromagnetism layer under the 2nd antiferromagnetism layer, and a both-sides edge of a free magnetic layer, and fixes magnetization of a both-sides edge of said free magnetic layer in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction. [0039] A non-magnetic layer prepared on said middle antiferromagnetism layer at the aforementioned (g) production process is for preventing said middle antiferromagnetism layer from oxidation by atmospheric-air exposure. [0040] manufacturing a magnetic sensing element which could use ion milling of low energy and was effectively excellent in \*\* truck-ization at the aforementioned (i) production process using a noble-metals material for a non-magnetic layer in order to demonstrate sufficient antioxidizing effect, even if thickness of a non-magnetic layer is thin has also twisted this invention possible. [0041] Furthermore, since a free magnetic layer top is covered in said middle antiferromagnetism layer in this invention, a problem that a free magnetic layer receives a damage by ion milling is not generated. [0042] Moreover, when it mixes with a material of said middle antiferromagnetism layer, even if said noble-metals element is spread inside said middle antiferromagnetism layer by annealing etc. as this mixture is what shows antiferromagnetism, since the antiferromagnetism of said middle antiferromagnetism layer does not deteriorate, it is desirable [ a noble-metals material for forming said non-magnetic layer ]. [0043] In this invention, it can prevent that a big switched connection magnetic field occurs between a center section and a center section of the free magnetic layer of said middle antiferromagnetism layer by stopping thickness of said middle antiferromagnetism layer. [0044] It is desirable to make thickness of said middle antiferromagnetism layer into 50A or less by 10A or more by this invention, and, specifically, it is 40A or less in 30A or more more preferably. The value is very small, even if it will not generate a switched connection magnetic field between a center section and a center section of the free magnetic layer of said middle



antiferromagnetism layer and will generate, if it is thickness of this level. [0045] Moreover, in this invention, at the aforementioned (k) production process, all center sections of the 2nd antiferromagnetism layer may be removed, and said middle antiferromagnetism layer may be exposed. [0046] Moreover, it is also possible to remove all center sections of said 2nd antiferromagnetism layer, to also remove said middle antiferromagnetism layer exposed further, and to expose a free magnetic layer. In this case, an antiferromagnetism layer will be prepared on a center section of said free magnetic layer. [0047] It is desirable to make into 50A or less thickness of an antiferromagnetism layer formed on a center section of said free magnetic layer, or not to leave an antiferromagnetism layer on a center section of said free magnetic layer at the aforementioned (k) production process, in this invention. It is more desirable to make into 40A or less thickness of an antiferromagnetism layer especially formed on a center section of said free magnetic layer. [0048] When thickness of an antiferromagnetism layer formed on a center section of said free magnetic layer is made into 50A or less, said middle antiferromagnetism layer prepared on a center section of said free magnetic layer has a property of non-antiferromagnetism. Moreover, when 80-500A of antiferromagnetism layers on a both-sides edge of said free magnetic layer is made it is desirable and as thick as 100-300A, a both-sides edge of said middle antiferromagnetism layer comes to have a property of antiferromagnetism. A degree which a switched connection magnetic field does not occur between a center section and a center section of said middle antiferromagnetism layer of said free magnetic layer, and magnetization of a center section of said free magnetic layer is not firmly fixed crosswise [ truck ] by this, and can carry out flux reversal to an external magnetic field is magnetized weakly. [0049] Since a both-sides edge of said middle antiferromagnetism layer becomes on the other hand like the 2nd antiferromagnetism layer formed on it, and an antiferromagnetism layer of one body in all, A both-sides edge of said middle antiferromagnetism layer regulation--ization-metamorphoses by annealing in a magnetic field, and a switched connection magnetic field of suitable magnitude occurs between a both-sides edge of said middle antiferromagnetism layer, and a both-sides edge of a free magnetic layer. By this It will be firmly fixed crosswise [ truck ] by both-sides edge of said free magnetic layer. [0050] A serious damage cannot be given to a free magnetic layer in this invention, and a both-sides edge of a free magnetic layer can be fixed firmly, magnetization of a center section can be arranged with a degree in which flux reversal is possible to an external magnetic field, and it is possible to perform magnetization control of said free magnetic layer appropriately. [0051] That is, in this invention, it is possible to manufacture a magnetic sensing element playback sensitivity excelled [ sensing element ] in reproducing characteristics well also in formation of a \*\* truck. [0052] Or this invention is the manufacture method of a magnetic sensing element characterized by having the following production processes. (m) A production process which forms on a substrate multilayers by which the laminating was carried out from the bottom in order of the 1st antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a non-magnetic material layer, a free magnetic layer, and a non-magnetic layer that consists of noble metals, (n) A production process which gives 1st annealing in a magnetic field, is made to generate a switched connection magnetic field between said 1st antiferromagnetism layers and fixed magnetic layers, and fixes the magnetization direction of said fixed magnetic layer, (o) A production process at which said non-magnetic layer is all removed and the surface of said free magnetic layer is exposed, (p) A production process which forms a ferromagnetic layer and the 2nd antiferromagnetism layer in order on said free magnetic

layer, (q) A production process which removes a center section of said 2nd antiferromagnetism layer and said ferromagnetic layer, (r) Production process which gives 2nd annealing in a magnetic field, is made to generate a switched connection magnetic field between said 2nd antiferromagnetism layers and said ferromagnetic layers, and fixes magnetization of a both-sides edge of said ferromagnetic layer and said free magnetic layer in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction. [0053] It is for preventing said non-magnetic layer in the aforementioned (m) production process of this invention from oxidation according said free magnetic layer to atmospheric-air exposure. [0054] This invention is also formed with a noble-metals material with which said non-magnetic layer cannot oxidize easily. in this invention, manufacturing a magnetic sensing element which could use ion milling of low energy and was effectively excellent in \*\* truck-ization at the aforementioned (o) production process using noble metals in order to demonstrate sufficient antioxidizing effect, even if thickness of a non-magnetic layer is thin has twisted possible. [0055] Moreover, since it can avoid giving a serious damage to said free magnetic layer using ion milling of low energy, thickness of said ferromagnetic layer can be made thin. [0056] If thickness of said ferromagnetic layer is made thin, a switched connection magnetic field generated between the 2nd antiferromagnetism layer and said ferromagnetic layer becomes strong, and comes to be able to carry out magnetization immobilization of the both-sides edge of said free magnetic layer firmly. That is, side leading is stopped and a magnetic sensing element which can respond can be manufactured suitable for formation of a \*\* truck. [0057] Moreover, if said ferromagnetic layer is made thin, it can also be controlled that an excessive static magnetic field enters a center section of said free magnetic layer from the inside side of said ferromagnetic layer, and a fall of sensitivity to an external magnetic field of a center section of the free magnetic layer in which flux reversal is possible can be prevented. [0058] In this invention, thickness of said ferromagnetic layer can be set as 5A - 50A. In addition, current can form a magnetic sensing element of a CIP mold which flows in the parallel direction to a film surface of each class of said multilayers on said 2nd antiferromagnetism layer by having a production process which opens a gap crosswise [ truck ] and carries out the laminating of the electrode layer of a pair. [0059] moreover, an up electrode layer and a lower electrode layer are prepared up and down, and when forming the so-called CPP (current perpendicular to the plane) type of said multilayers with which current flows perpendicularly to a film surface of each class of said multilayers of magnetic sensing element It has a production process which forms a lower electrode layer on a substrate (s1) before the aforementioned (a) production process. It is desirable to have a production process which carries out the laminating of the insulating layer by which said 2nd antiferromagnetism layer was prepared in a hole in the center section of the cover truck cross direction on said (s2) 2nd antiferromagnetism layer after the aforementioned (e) production process, and a production process which forms an up electrode layer which flows electrically in said (s3) multilayers layer. [0060] Or a production process which has a production process which forms a lower electrode layer, and forms an insulating layer instead of a production process of the above (k) or (q) on a substrate (t1) before the above (g) or the (m) production process at said (t2) 2nd antiferromagnetism layer top, A production process which forms a crevice on said insulating layer by deleting a part which carries out the laminating of the resist which prepared a hole in a center section of the truck cross direction, and is exposed to said hole of said insulating layer and said 2nd antiferromagnetism layer, (t3) (t4) It is desirable to have

a production process which forms in a base of said crevice an up electrode layer which flows electrically. [0061] Or it has a production process which forms a lower electrode layer on a substrate (t5) before the above (g) or the (m) production process. A production process which forms an insulating layer by which a hole was formed in the center section of the truck cross direction on said (t6) 2nd antiferromagnetism layer instead of a production process of the above (k) or (q), (t7) It is desirable to have a production process which forms a crevice by deleting a truck cross direction center section of said 2nd antiferromagnetism layer, and a production process which forms in a base of said (t8) crevice an up electrode layer which flows electrically by using said insulating layer as a mask. [0062] furthermore, the laminating was carried out on a production process which applies on said insulating layer from said (u1) crevice, and forms other insulating layers between the aforementioned (t3) production process and the aforementioned (t4) production process or between the aforementioned (t7) production process and the aforementioned (t8) production process, and a base of said (u2) crevice -- said -- others - - it is more desirable to have a production process which removes an insulating layer. [0063] moreover, when forming a lower electrode layer of a magnetic sensing element of a CPP mold Between the aforementioned (s1) production process, between the aforementioned (a) production processes and the aforementioned (t1) production process, the above (g), or the (m) production process, or between the aforementioned (t5) production process, the above (g), or the (m) production process It has a production process which forms a lobe projected in said direction of multilayers in the center of the truck cross direction of said lower electrode layer, and a production process which prepares an insulating layer in the both-sides section of the truck cross direction of said lobe of said (v2) lower electrode layer. (v1) In the above (a), (g), or the (m) production process, it is desirable to form said multilayers so that the upper surface of said lobe may touch an inferior surface of tongue of said multilayers. [0064] Furthermore, in the aforementioned (v2) production process, it is more desirable to make into the same plane the upper surface of said lobe and the upper surface of said insulating layer prepared on a both-sides edge of said lower electrode layer. [0065] Moreover, if said lower electrode layer and/or said up electrode layer are formed with a magnetic material, since said lower electrode layer can make a lower shield layer serve a double purpose and said up electrode layer can make an up shield layer serve a double purpose, it is desirable. [0066] In addition, said multilayers, a layer formed with a nonmagnetic conductivity material which flows on an electric target, and a layer formed with a magnetic material may form said up electrode layer as that by which the laminating was carried out. [0067] Moreover, it is desirable to form said non-magnetic material layer with a nonmagnetic electrical conducting material in this invention. Said non-magnetic material layer is calling a magnetic sensing element formed with a nonmagnetic electrical conducting material a spin bulb GMR mold magneto-resistive effect element (CPP-GMR). [0068] Moreover, by this invention, when it is the magnetic sensing element of a CPP mold, said non-magnetic material layer may be formed by insulating material. This magnetic sensing element is called a spin bulb tunnel mold magneto-resistive effect mold element (CPP-TMR). [0069] although what sufficient antioxidizing effect can be acquired for was previously stated at the above (a), (g), or the (m) production process by this invention even if it formed said non-magnetic layer thinly, specifically, said non-magnetic layer can be formed by 10Å or less by 3Å or more. [0070] It is desirable to form said non-magnetic layer at the above (a), (g), or the (m) production process in this invention at any one sort of Ru, Re, Pd, Os, Ir, Pt, Au, and the Rh

or two sorts or more. [0071] In addition, when Ta film currently used conventionally was diffused inside an antiferromagnetism layer, it was what degrades a property (function) of an antiferromagnetism layer. [0072] Moreover, it is desirable to form said free magnetic layer at the above (a), (g), or the (m) production process in this invention at a three-tiered structure of a magnetic layer. For example, it is desirable to form said free magnetic layer by three-tiered structure of CoFe/NiFe/CoFe. [0073] [Embodiment of the Invention] Drawing 1 thru/or drawing 4 are 1 process drawings showing the manufacture method of the magnetic sensing element of this invention. Each production process shown in drawing 1 thru/or drawing 4 is the fragmentary sectional view seen from the opposed face side with a record medium. [0074] The magnetic sensing element formed of this invention is an MR head for reproducing the record signal recorded on the record medium. The opposed face with a record medium is a plane perpendicular [ to the film surface of the thin film which constitutes for example, a magnetic sensing element ] and parallel to the magnetization direction when the external magnetic field (record signal magnetic field) of the free magnetic layer of a magnetic sensing element is not impressed. In drawing 1 , the opposed face with a record medium is a plane parallel to a X-Z plane. [0075] In addition, when a magnetic sensing element is used for the magnetic head of a surfacing type, the opposed face with a record medium is the so-called ABS side. [0076] Moreover, a magnetic sensing element is formed on the trailing end face of the slider formed for example, with alumina-titanium carbide (aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC). A slider is joined to the supporter material by stainless steel material etc. in which elastic deformation is possible by the opposed face [ with a record medium ], and reverse side side, and magnetic-head equipment is constituted. [0077] In addition, the truck cross direction is the cross direction of the field where the magnetization direction is changed by the external magnetic field, for example, is, the magnetization direction of illustration X, i.e., direction, of [ when the external magnetic field of a free magnetic layer is not impressed ]. The width-of-face size of the free magnetic layer of the truck cross direction specifies the width of recording track Tw of a magnetic sensing element. [0078] In addition, the record medium has countered the opposed face with the record medium of a magnetic sensing element, and moves to an illustration Z direction. The direction of a leak magnetic field from this record medium is the direction of illustration Y. [0079] At the production process shown in drawing 1 , continuation membrane formation of the seed layer 21, the 1st antiferromagnetism layer 22, the fixed magnetic layer 23, the non-magnetic material layer 27, the free magnetic layer 28, and the non-magnetic layer 31 is carried out on a substrate 20. A spatter and vacuum deposition are used for membrane formation. [0080] The seed layer 21 is formed by the NiFe alloy, the NiFeCr alloy, or Cr. The seed layer 21 is formed by 60A of 60(nickel0.8Fe0.2) at%Cr40at% thickness. [0081] The 1st antiferromagnetism layer 22 is formed on the seed layer 21. The 1st antiferromagnetism layer 22 A PtMn alloy, Or it is a X-Mn (however, X is one-sort [ any ] or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Os, nickel, and Fe) alloy, or is Pt-Mn-X' (however, X'). It is formed with the alloy which is any 1 or two or more sorts of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Au, Ag, Os, Cr, nickel, Ar, Ne, Xe, and Kr. [0082] The switched connection film of the 1st antiferromagnetism layer 22 which generates a big switched connection magnetic field, and the fixed magnetic layer 23 can be obtained by using these alloys and heat-treating this as the 1st antiferromagnetism layer 22. Especially, if it is a PtMn alloy, it has a switched connection magnetic field exceeding 48 or more kA/m, for example, 64 kA/m, and the blocking temperature which loses a switched connection magnetic

field can obtain the switched connection film of 380 degrees C, the outstanding, very high 1st antiferromagnetism layer 22, and the fixed magnetic layer 23. [0083] In the condition immediately after membrane formation, although these alloys are the face centered cubic structures (fcc) of an irregular system, they carry out a structure transformation by heat treatment at the face-centered square structure (fct) of a CuAuI type rule mold. [0084] The thickness of the 1st antiferromagnetism layer 22 is 80-300Å. The fixed magnetic layer 23 is formed on the 1st antiferromagnetism layer 22. The fixed magnetic layer 23 serves as artificial ferry structure. The fixed magnetic layer 23 is the three-tiered structure of the nonmagnetic interlayer 25 who intervenes magnetic layers 24 and 26 and between them. [0085] Magnetic layers 24 and 26 are formed with magnetic materials, such as for example, a NiFe alloy, Co, a CoNiFe alloy, a CoFe alloy, and a CoNi alloy. As for a magnetic layer 24 and a magnetic layer 26, being formed with the same material is desirable. [0086] Moreover, the nonmagnetic interlayer 25 is formed of a non-magnetic material, and is formed among Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu with one sort or these two sorts or more of alloys. Being formed especially of Ru is desirable. [0087] Magnetic layers 24 and 26 are formed by about 10-70Å, respectively. Moreover, the nonmagnetic interlayer's 25 thickness is formed by formation by 3Å - about 10Å. [0088] In addition, the fixed magnetic layer 23 may be formed with the two-layer structure of diffusion prevention layers, such as a layer and Co layer, which consists of 1 layer structure which used one of the above-mentioned magnetic materials, or one of the above-mentioned magnetic materials. [0089] The non-magnetic material layer 27 is formed on the fixed magnetic layer 23. The non-magnetic material layer 27 is a layer in which magnetic association with the fixed magnetic layer 23 and the free magnetic layer 28 is prevented, and sense current mainly flows, and it is desirable to be formed of the non-magnetic material which has conductivity, such as Cu, Cr, Au, and Ag. Being formed especially of Cu is desirable. The non-magnetic material layer 27 is formed by about 18-30Å thickness. [0090] The free magnetic layer 28 is formed on the non-magnetic material layer 27. With the operation gestalt shown in drawing 1, the free magnetic layer 28 is two-layer structure. The layer of a sign 29 is a diffusion prevention layer which consists of Co, CoFe, etc. This diffusion prevention layer 29 prevents the counter diffusion of the free magnetic layer 28 and the non-magnetic material layer 27. And the magnetic material layer 30 formed with the NiFe alloy etc. on this diffusion prevention layer 29 is formed. The free magnetic layer 28 is formed by about 30-50Å. [0091] Moreover, by forming a non-magnetic layer 31 on the free magnetic layer 28 like the drawing 1 production process, even if atmospheric-air exposure of the layered product shown in drawing 1 is carried out, it can prevent appropriately that the free magnetic layer 28 oxidizes. [0092] A non-magnetic layer 31 needs to be a precise layer which cannot oxidize easily due to atmospheric-air exposure here. [0093] In this invention, a non-magnetic layer 31 is formed using noble metals. For example, it is desirable to form with the noble metals which consist of any one sort of Ru, Re, Pd, Os, Ir, Pt, Au, and the Rh or two sorts or more. [0094] By carrying out spatter membrane formation using noble metals, such as Ru, the precise non-magnetic layer 31 which cannot oxidize easily due to atmospheric-air exposure can be obtained. Therefore, even if it makes thickness of a non-magnetic layer 31 thin, it can prevent appropriately that the free magnetic layer 28 oxidizes by atmospheric-air exposure. [0095] It is desirable to form a non-magnetic layer 31 by 10Å or less by 3Å or more with this invention. It is forming by 8Å or less by 3Å or more more preferably. It is possible to prevent appropriately that the free magnetic layer 28

oxidizes by atmospheric-air exposure also by the non-magnetic layer 31 of thin thickness of this level. [0096] Thus, by having formed the non-magnetic layer 31 by thin thickness, ion milling in the drawing 2 production process can be performed by low energy, and milling control can be raised compared with the former. The drawing 2 production process explains this point in detail. [0097] As shown in drawing 1, after carrying out the laminating of each class to a non-magnetic layer 31 on a substrate 20, 1st annealing in a magnetic field is given. Impressing the 1st magnetic field (the direction of illustration Y) which is the direction which intersects perpendicularly with the width of recording track Tw (the direction of illustration X), it heat-treats at the 1st heat treatment temperature, a switched connection magnetic field is generated between the 1st antiferromagnetism layer 22 and the magnetic layer 24 which constitutes the fixed magnetic layer 23, and magnetization of a magnetic layer 24 is fixed in the direction of illustration Y, i.e., the height direction. The direction of illustration Y is fixed to hard flow by the switched connection by the RKKY interaction which magnetization of another magnetic layer 26 commits between magnetic layers 24. In addition, 1st heat treatment temperature is made into 270 degrees C, for example, and magnitude of a magnetic field is set to 800k (A/m). [0098] Moreover, noble-metals elements, such as Ru which constitutes a non-magnetic layer 31, are considered to be spread in the free magnetic layer 28 interior by the 1st above-mentioned annealing in a magnetic field. Therefore, the configuration element near the surface of the free magnetic layer 28 after heat treatment consists of the elements and noble-metals elements which constitute a free magnetic layer. Moreover, it is thought that there are more noble-metals elements diffused in the free magnetic layer 28 interior the surface side of the free magnetic layer 28 than the inferior-surface-of-tongue side of the free magnetic layer 28, and the presentation ratio of the diffused noble-metals element decreases to an inferior surface of tongue gradually according to the other side from the surface of the free magnetic layer 28. Such a presentation modulation can be checked with the equipment which analyzes the chemical composition of thin films, such as a SIMS analysis apparatus. [0099] Next, at the production process shown in drawing 2, a resist layer is formed in the upper surface of a non-magnetic layer 31, and it leaves the resist layer 49 of the configuration which shows this resist layer to drawing 2 by carrying out exposure development on a non-magnetic layer 31. The resist layer 49 is a resist layer which has an undercut configuration for lift off. [0100] Next, both-sides edge 31a of the non-magnetic layer 31 which is not covered with the resist layer 49 is deleted and removed by the ion milling from [ which is shown in drawing 2 ] arrow head H (the non-magnetic layer 31 of the dotted line portion shown in drawing 13 is removed). [0101] The ion milling of low energy can be used at the ion milling production process shown in drawing 2. The reason is that the non-magnetic layer 31 is formed by the very thin thickness which is 3A - about 10A. [0102] The ion milling of low energy is defined as beam voltage (acceleration voltage) being the ion milling using the ion beam below 1000V. For example, the beam voltage of 150V-500V is used. With the gestalt of this operation, the 200 argon (Ar) ion beam of the low beam voltage of V is used. [0103] On the other hand, if the Ta film 9 is used like the conventional example shown, for example in drawing 21, since it will oxidize by this Ta film 9 the very thing and atmospheric-air exposure, unless it forms by 30A - about 50A thick thickness, the layer under it cannot fully be protected from oxidation, but moreover, as for the Ta film 9, volume becomes large by oxidation, and the thickness of the Ta film 9 swells to about 50A or more. [0104] In order to remove the Ta film 9 of such thick thickness by ion milling,



when it is necessary to remove the Ta film 9 by the ion milling of high energy and the ion milling of high energy is used, it is very difficult to carry out milling control so that only the Ta film 9 may be removed. [0105] Therefore, the free magnetic layer 5 currently formed in the bottom of the Ta film 9 is also deleted deeply, the interior is entered from the surface of the free magnetic layer which inert gas, such as Ar used for the free magnetic layer 5 at the time of ion milling, exposed, or the crystal structure of the surface portion of a free magnetic layer breaks, and a lattice defect occurs (the Mixing effect). The magnetic properties of a free magnetic layer tend to deteriorate by these damages. When the Ta film 9 which has thickness about 50A or more is shaved by the ion milling of low energy, the processing time becomes moreover, less practical [ start too much and ]. Moreover, compared with said noble metals, it is easy to carry out diffusion permeation of the Ta at a free magnetic layer at the time of membrane formation, and even if it has shaved and removed only the Ta film 9, Ta mixes it in the exposed free magnetic layer surface. As for the free magnetic layer which Ta mixed, magnetic properties deteriorate. [0106] On the other hand, in this invention, a non-magnetic layer 31 can be deleted by the ion milling of low energy. The ion milling of low energy has a late milling rate, and it becomes possible to narrow the margin of a milling stop location. It also becomes possible to stop milling at the moment of removing a non-magnetic layer 31 by ion milling especially. The free magnetic layer 28 stops therefore, receiving a serious damage by ion milling. In addition, as for whenever [ incident angle / of the ion milling in the drawing 2 production process ], it is desirable to make it from a normal 30 degrees - 70 degrees over the substrate 20 surface. Moreover, the processing time of ion milling is several seconds - about 10 minutes. [0107] For this reason, even if it makes thin thickness of the ferromagnetic layer 32 by which a laminating is carried out on the free magnetic layer 28 at degree production process, magnetic association between the free magnetic layer 28 and the ferromagnetic layer 32 (ferromagnetism-exchange interaction) can be strengthened. [0108] Next, the drawing 3 production process is given. At the drawing 3 production process, continuation membrane formation of the ferromagnetic layer 32, the 2nd antiferromagnetism layer 33, and the electrode layer 34 is carried out in a vacuum on both-sides edge 28a of the free magnetic layer 28. A spatter and vacuum deposition can be used for membrane formation. Inside edge 33a of the formed 2nd antiferromagnetism layer 33 and inside edge 34a of the electrode layer 34 are formed in respect of the inclined plane where the gap between the 2nd antiferromagnetism layers 33 spreads gradually according to the other side (illustration Z direction) on the upper surface from an inferior surface of tongue, or a curve. [0109] Moreover, the width of recording track Tw is prescribed by this operation gestalt the gap between the inferior surfaces of tongue of the ferromagnetic layer 32. [0110] As for the quality of the material used for the 2nd antiferromagnetism layer 33, it is desirable that it is the same as the antiferromagnetism material used for the 1st antiferromagnetism layer 22. [0111] Moreover, it is desirable to adjust the thickness of the 2nd antiferromagnetism layer 33 so that the thickness of the 2nd antiferromagnetism layer 33 may turn into thick thickness 500A or less by 80A or more at the production process shown in drawing 3 . [0112] As shown in drawing 3 , after carrying out laminating formation to the electrode layer 34, the resist layer 49 to which film 34b of the electrode material which consists of an element which constitutes film 32b of the ferromagnetic material which consists of an element which constitutes the ferromagnetic layer 32, film 33b of the antiferromagnetism material which consists of an element which constitutes the 2nd antiferromagnetism layer 33, and the electrode layer 34 adhered is removed by the lift

off using an organic solvent etc. [0113] The ferromagnetic layer 32 is formed with the same material as the magnetic material layer 30 of the free magnetic layer 28, or the diffusion prevention layer 29. [0114] The electrode layer 34 is formed by Au, W, Cr, Ru, Rh, Ta, etc. The thickness of the electrode layer 34 is 300Å - 1000Å. [0115] Next, 2nd annealing in a magnetic field is given. The direction of a magnetic field at this time is the truck cross direction (the direction of illustration X). In addition, the 2nd [ this ] annealing in a magnetic field is smaller than the exchange anisotropy magnetic field of the 1st antiferromagnetism layer 22 in the 2nd impression magnetic field, and, moreover, makes heat treatment temperature lower than the blocking temperature of the 1st antiferromagnetism layer 22. The exchange anisotropy magnetic field of the 2nd antiferromagnetism layer 33 can be turned crosswise [ truck ] (the direction of illustration X), turning the direction of the exchange anisotropy magnetic field of the 1st antiferromagnetism layer 22 in the height direction (the direction of illustration Y) by this. In addition, the 2nd heat treatment temperature is 250 degrees C, and the magnitude of a magnetic field is 8-30 (kA/m) (A/m), for example, 24k. [0116] In addition, it is desirable to make the 2nd impression magnetic field larger than the anti-magnetic field of the ferromagnetic layer 32 and the free magnetic layer 28 and coercive force. [0117] For this reason, by the 2nd above-mentioned annealing in a magnetic field, the 2nd antiferromagnetism layer 33 regulation--ization-metamorphoses appropriately, and the switched connection magnetic field of magnitude suitable between the 2nd antiferromagnetism layer 33 and the ferromagnetic layer 32 generates it. Furthermore, ferromagnetic association based on an exchange interaction occurs between the both-sides edges C of the ferromagnetic layer 32 and the free magnetic layer 28, and magnetization of the both-sides edge C of the free magnetic layer 28 is fixed crosswise [ truck ] (the direction of illustration X) to it by this. [0118] In addition, magnetization of the center section D of the free magnetic layer 28 is in the condition weakly single-domain-ized by the degree which can carry out flux reversal to an external magnetic field. [0119] Moreover, although a non-magnetic layer 31 is removed completely and it will be slightly deleted by the surface of the free magnetic layer 28 if the drawing 2 production process performs 50 degrees to 60 degrees, and milling time amount for a milling angle from 30 seconds in 50 seconds to the perpendicular direction of the substrate 20 surface In order that the free magnetic layer 28 may not receive a serious damage by ion milling, ferromagnetic association suitable between the both-sides edges C of the ferromagnetic layer 32 and the free magnetic layer 28 occurs, and it also becomes possible to set magnitude of an exchange bias magnetic field to 32-72 (kA/m). [0120] In this invention, even if it makes thin thickness of the ferromagnetic layer 32 by which a laminating is carried out on the free magnetic layer 28, magnetic association between the free magnetic layer 28 and the ferromagnetic layer 32 (ferromagnetism-exchange interaction) can be strengthened. [0121] If thickness of the ferromagnetic layer 32 is made thin, the switched connection magnetic field generated between the 2nd antiferromagnetism layer 33 and the ferromagnetic layer 32 becomes strong, and comes to be able to carry out magnetization immobilization of the both-sides edge of a free magnetic layer firmly. That is, side leading is stopped and the magnetic sensing element which can respond can be manufactured suitable for the formation of a \*\* truck. [0122] Moreover, if the ferromagnetic layer 32 is made thin, it can also be controlled that an excessive static magnetic field enters the center section D of the free magnetic layer 28 from the inside side of the ferromagnetic layer 32, and the fall of sensitivity to the external magnetic field of the center section D of the free magnetic layer 28 in which flux

reversal is possible can be prevented. [0123] In this invention, the thickness of the ferromagnetic layer 32 can be set as 5A - 50A. In this way, the magnetic sensing element from which the magnetic sensing element shown in drawing 4 is obtained and which could perform magnetization control of the free magnetic layer 28 appropriately compared with the former as mentioned above according to the manufacture method of this invention, and was excellent in playback sensitivity also in the formation of a \*\* truck can be manufactured. [0124] The manufacturing process shown in drawing 5 thru/or drawing 8 is 1 process drawing showing the manufacture method of the magnetic sensing element of the 2nd this invention. Each drawing is a fragmentary sectional view seen from the opposed face side with a record medium. [0125] At the drawing 5 production process, continuation membrane formation of the seed layer 21, the 1st antiferromagnetism layer 22, the fixed magnetic layer 23, the non-magnetic material layer 27, the free magnetic layer 28, the middle antiferromagnetism layer 41, and the non-magnetic layer 31 is first carried out on a substrate 20. A spatter and vacuum deposition are used for membrane formation. The fixed magnetic layer 23 shown in drawing 5 is the laminating ferry structure of the magnetic layer 24 and magnetic layer 26 which were formed with the CoFe alloy etc., and the nonmagnetic interlayers 25, such as Ru which intervenes between both the magnetic layers 24 and 26. The free magnetic layer 28 is the laminated structure of the diffusion prevention layers 29, such as a CoFe alloy, and the magnetic material layers 30, such as a NiFe alloy. [0126] The seed layer 21 is formed by Cr or NiFeCr, and forms the non-magnetic material layer 27 by Cu. [0127] In this invention, the 1st antiferromagnetism layer 22 and the middle antiferromagnetism layer 41 A PtMn alloy, Or it is a X-Mn (however, X is one-sort [ any ] or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Os, nickel, and Fe) alloy, or is Pt-Mn-X' (however, X'). It is desirable to form with the alloy which is any 1 or two or more sorts of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Au, Ag, Os, Cr, nickel, Ar, Ne, Xe, and Kr. [0128] Moreover, in the alloy shown by said PtMn alloy and the formula of said X-Mn, it is desirable that the range of Pt or X is 37 - 63at%. Moreover, in the alloy shown by said PtMn alloy and the formula of said X-Mn, it is more desirable that the range of Pt or X is 47 - 57at%. Unless it specifies especially, the maximum and minimum of the numerical range shown by - mean the above hereafter. [0129] Moreover, in the alloy shown by the formula of Pt-Mn-X', it is desirable that the range of X' + Pt is 37 - 63at%. Moreover, in the alloy shown by the formula of said Pt-Mn-X', it is more desirable that the range of X' + Pt is 47 - 57at%. Furthermore, in the alloy shown by the formula of said Pt-Mn-X', it is desirable that the range of X' is 0.2 - 10at%. However, when X' is any one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Os, nickel, and Fe, as for X', it is desirable that it is the range of 0.2 - 40at%. [0130] Moreover, it is desirable to form the thickness of the 1st antiferromagnetism layer 22 by 300A or less by 80A or more with this invention. A big switched connection magnetic field can be generated between the 1st antiferromagnetism layer 22 and the fixed magnetic layer 23 in annealing in a magnetic field by forming the 1st antiferromagnetism layer 22 by thick thickness of this level. Specifically, the switched connection magnetic field exceeding 48 or more kA/m, for example, 64 kA/m, can be generated. [0131] Moreover, by this invention, it is desirable to form the thickness of the middle antiferromagnetism layer 41 by 50A or less by 10A or more, and it forms by 30A or more more preferably at 40A or less. [0132] The focus is in this invention to form the middle antiferromagnetism layer 41 by thin thickness in this way. [0133] By forming the middle antiferromagnetism layer 41 by thin thickness 50A or less as mentioned

above Even if the middle antiferromagnetism layer 41 stops having the property of antiferromagnetism and gives annealing in a magnetic field Even if a switched connection magnetic field does not occur or occurs between the middle antiferromagnetism layer 41 and the free magnetic layer 28 that the middle antiferromagnetism layer 41 cannot regulation--ization-metamorphose easily, the value is small and magnetization of the free magnetic layer 28 is not firmly fixed like the fixed magnetic layer 23. [0134] That moreover, the middle antiferromagnetism layer 41 presupposed that 10A or more is preferably formed by 30A or more If there is no thickness of this level, even if it forms the 2nd antiferromagnetism layer 42 on the both-sides edge C of the middle antiferromagnetism layer 41 at an after production process It is because the both-sides edge C of the middle antiferromagnetism layer 41 cannot be easily tintured with the property of antiferromagnetism and the switched connection magnetic field of magnitude suitable between the both-sides edge C of the middle antiferromagnetism layer 41 and the both-sides edge C of the free magnetic layer 28 does not occur. [0135] Moreover, by forming a non-magnetic layer 31 on the middle antiferromagnetism layer 41 like the drawing 5 production process, even if atmospheric-air exposure of the layered product shown in drawing 5 is carried out, it can prevent appropriately that the middle antiferromagnetism layer 41 oxidizes. [0136] A non-magnetic layer 31 needs to be a precise layer which cannot oxidize easily due to atmospheric-air exposure here. Moreover, even if a non-magnetic layer 31 trespasses upon the middle antiferromagnetism layer 41 interior by thermal diffusion etc., it is necessary to be the quality of the material which does not degrade the property as an antiferromagnetism layer. [0137] In this invention, a non-magnetic layer 31 is formed with noble metals. It is desirable to specifically form with the noble metals which consist of any one sort of Ru, Re, Pd, Os, Ir, Pt, Au, and the Rh or two sorts or more. [0138] The non-magnetic layer 31 which consists of noble metals, such as Ru, is a precise layer which cannot oxidize easily due to atmospheric-air exposure. Therefore, even if it makes thickness of a non-magnetic layer 31 thin, it can prevent appropriately that the middle antiferromagnetism layer 41 oxidizes by atmospheric-air exposure. [0139] It is desirable to form a non-magnetic layer 31 by 10A or less by 3A or more with this invention. It is possible to prevent appropriately that the middle antiferromagnetism layer 41 oxidizes by atmospheric-air exposure appropriately also by the non-magnetic layer 31 of thin thickness of this level. [0140] In this invention, a non-magnetic layer 31 is formed with noble metals, such as Ru, as mentioned above, and, moreover, the non-magnetic layer 31 is formed by 3A - about 10A thin thickness. Thus, ion milling control of degree production process can be performed appropriately and easily by having formed the non-magnetic layer 31 by thin thickness. [0141] As shown in drawing 5, after carrying out the laminating of each class to a non-magnetic layer 31 on a substrate 20, 1st annealing in a magnetic field is given. Impressing the 1st magnetic field (the direction of illustration Y) which is the direction which intersects perpendicularly with the width of recording track Tw (the direction of illustration X), it heat-treats at the 1st heat treatment temperature, a switched connection magnetic field is generated between the 1st antiferromagnetism layer 12 and the magnetic layer 24 which constitutes the fixed magnetic layer 23, and magnetization of a magnetic layer 24 is fixed in the direction of illustration Y. The direction of illustration Y is fixed to hard flow by the switched connection by the RKKY interaction which magnetization of another magnetic layer 26 commits between magnetic layers 24. In addition, 1st heat treatment temperature is made into 270 degrees C, for example, and magnitude of a magnetic field is set

to 800k (A/m). [0142] Moreover, as described above, since the middle antiferromagnetism layer 41 has thin thickness, it is [ regulation--ization-] hard to metamorphose by the 1st [ this ] annealing in a magnetic field, and a switched connection magnetic field is not generated between the middle antiferromagnetism layer 41 and the magnetic material layer 30 which constitutes the free magnetic layer 28. It is because the middle antiferromagnetism layer 41 is formed by thin thickness 50A or less and it does not have the property as antiferromagnetism. [0143] Moreover, noble-metals elements, such as Ru which constitutes a non-magnetic layer 31, are considered to be spread in the middle antiferromagnetism layer 41 interior by the 1st above-mentioned annealing in a magnetic field. Therefore, the configuration element of the middle antiferromagnetism layer 41 after heat treatment consists of the elements and noble-metals elements which constitute an antiferromagnetism layer. Moreover, it is thought that there are more noble-metals elements diffused in the middle antiferromagnetism layer 41 interior the surface side of the middle antiferromagnetism layer 41 than the inferior-surface-of-tongue side of the middle antiferromagnetism layer 41, and the presentation ratio of the diffused noble-metals element decreases to an inferior surface of tongue gradually according to the other side from the surface of the middle antiferromagnetism layer 41. Such a presentation modulation can be checked by a SIMS analysis apparatus etc. [0144] Moreover, since this mixture shows antiferromagnetism when it mixes with the material of a middle antiferromagnetism layer, the noble-metals element for forming a non-magnetic layer 31 is the 1st annealing in a magnetic field, and even if said noble-metals element is spread inside the middle antiferromagnetism layer 41, it can lose that the antiferromagnetism of the middle antiferromagnetism layer 41 deteriorates. [0145] Next, ion milling of the whole surface of a non-magnetic layer 31 is carried out at the drawing 5 production process, and a non-magnetic layer 31 is removed. [0146] The ion milling of low energy can be used at the ion milling production process shown in drawing 5 . The reason is that the non-magnetic layer 31 is formed in the membrane formation phase by the very thin thickness which is 3A - about 10A. For this reason, in this invention, a non-magnetic layer 31 is removed by the ion milling of low energy, and milling can raise milling control compared with a stop or the former which becomes empty on the maximum surface of a middle antiferromagnetism layer by it. [0147] As for whenever [ incident angle / of the ion milling in the drawing 5 production process ], it is desirable to make it from a normal 30 degrees - 70 degrees over the substrate 20 surface. In addition, the processing time of ion milling is several seconds - about 10 minutes. [0148] Next, at the production process shown in drawing 6 , the 2nd antiferromagnetism layer 42 is formed on the middle antiferromagnetism layer 41, and the interlayer (protective layer) 43 further formed by Ta etc. on the 2nd antiferromagnetism layer 42 continuously is formed. An interlayer 43 is for protecting the 2nd antiferromagnetism layer 42 so that it may not oxidize by atmospheric-air exposure. [0149] In addition, it is desirable to form the 2nd antiferromagnetism layer 42 with the same quality of the material as the middle antiferromagnetism layer 41. [0150] Moreover, it is desirable to adjust the thickness of the 2nd antiferromagnetism layer 42 so that the comprehensive thickness which added the 2nd antiferromagnetism layer 42 and the middle antiferromagnetism layer 41 may turn into thick thickness 500A or less by 80A or more at the production process shown in drawing 6 . [0151] It is because the middle antiferromagnetism layer 41 which did not have the property of antiferromagnetism will be tintured with the property of antiferromagnetism if independent if the comprehensive thickness which added the thickness of the middle

antiferromagnetism layer 41 and the thickness of the 2nd antiferromagnetism layer 42 is formed by thickness with thick 500A or less degree by 80A or more. [0152] Next, at the production process shown in drawing 7, the mask layer 50 which opened predetermined gap 50a crosswise [ truck ] (the direction of illustration X), for example, was formed with the inorganic material on the interlayer 43 is formed. As said inorganic material, Ta, Ti, Si, Zr, Nb, Mo, Hf, W, aluminum-O, aluminum-Si-O, Si-O, etc. can be chosen. Among these, when forming the mask layer 50 with a metallic material, after a manufacturing process, it can leave the mask layer 50 as it is, and it can also be operated as an electrode layer 44. [0153] After formation of the mask layer 50 stands the resist layer (not shown) on the middle class's 43 center section and buries the both sides by the mask layer 50, it removes a resist layer and forms gap 50a of predetermined width of face in the mask layer 50. Or after forming a resist layer (not shown) in piles on the mask layer 50 after forming the mask layer 50 on [ whole ] the middle class 43, and forming a hole in the center section of said resist layer by exposure development, the mask layer 50 exposed from this hole is deleted by RIE (reactive ion etching) etc., and gap 50a of predetermined width of face is formed in the mask layer 50. [0154] Or by this invention, the mask layer 50 may be formed by the resist. At the production process shown in drawing 7, the interlayer 43 who exposes out of gap 50a of the mask layer 50 is deleted by RIE or ion milling, and the 2nd antiferromagnetism layer 42 under an interlayer 43 is further deleted to the location of a dotted line K. It is desirable to delete the 2nd antiferromagnetism layer 42 until the comprehensive thickness which added the thickness of the 2nd antiferromagnetism layer 42 under a dotted line K and the thickness of the middle antiferromagnetism layer 41 at this time becomes 50A or less. It is 40A or less more preferably. Otherwise, it is because the center section D of the middle antiferromagnetism layer 41 will leave the property of antiferromagnetism, it is annealing in the 2nd magnetic field of degree production process, a switched connection magnetic field will occur between a center section D and the center section D of the free magnetic layer 28 of the middle antiferromagnetism layer 41 and magnetization of the center section D of the free magnetic layer 28 will be fixed firmly. [0155] Moreover, the 2nd antiferromagnetism layer 42 exposed out of gap 50a of the mask layer 50 may be removed altogether, the middle antiferromagnetism layer 41 currently formed in the bottom of it may be removed to an alternate long and short dash line L, and milling may be stopped. [0156] As shown in drawing 7, since the 2nd antiferromagnetism layer 42 is deleted in the direction near a perpendicular direction or a perpendicular direction to the substrate 20 surface, inside edge 42a of the 2nd antiferromagnetism layer 42 is formed in the direction near a perpendicular direction (illustration Z direction) or a perpendicular direction to the substrate 20 surface. In addition, when deleting to the layer formed in the 2nd antiferromagnetism layer 42 bottom naturally, it will be formed in the direction (the angle to the substrate 20 surface is 80 degrees - 90 degrees) near a perpendicular direction or a perpendicular direction by the inside end face of deleted each class to the substrate 20 surface. [0157] In addition, when inside edge 50b of the mask layer 50 is formed, for example like the dotted line M of drawing 7 in respect of the inclined plane where gap 50a spreads gradually towards the upper surface from an inferior surface of tongue, or the curve, inside edge 42a of 2nd antiferromagnetism layer 42 grade is also formed as an inclined plane or a curve side. [0158] If inside edge 50b of the mask layer 50 is formed as an inclined plane or a curve side, the other side becomes narrow [ the width-of-face size to the truck cross direction in gap 50a deleted (the direction of illustration X) ] on the inferior surface

of tongue. For this reason, the width of recording track  $T_w$  can be made still smaller than the width of face of gap 50a of the mask layer 50, and the magnetic sensing element which can respond to \*\* truck-ization can be manufactured. [0159] Moreover, although it is arbitrary how far it deletes, it is important on the center section D of the free magnetic layer 28 not to leave the antiferromagnetism layer of thickness with the thick degree tintured with antiferromagnetism at least. [0160] After above-mentioned RIE and the above-mentioned ion milling production process are completed, 2nd annealing in a magnetic field is given. The direction of a magnetic field at this time is the truck cross direction (the direction of illustration X). In addition, the 2nd [ this ] annealing in a magnetic field is smaller than the exchange anisotropy magnetic field of the 1st antiferromagnetism layer 22 in the 2nd impression magnetic field, and, moreover, makes heat treatment temperature lower than the blocking temperature of the 1st antiferromagnetism layer 22. The exchange anisotropy magnetic field of the both-sides edge C of the middle antiferromagnetism layer 41 can be turned crosswise [ truck ] (the direction of illustration X), turning the direction of the exchange anisotropy magnetic field of the 1st antiferromagnetism layer 22 in the height direction (the direction of illustration Y) by this. In addition, the 2nd heat treatment temperature is 250 degrees C, and the magnitude of a magnetic field is 8-30 (kA/m) (A/m), for example, 24k. [0161] In addition, it is desirable to make the 2nd impression magnetic field larger than the anti-magnetic field of the ferromagnetic layer 32 and the free magnetic layer 28 and coercive force. Since the both-sides edge C of the middle antiferromagnetism layer 41 takes on the property of antiferromagnetism by the antiferromagnetism-interaction generated between the 2nd antiferromagnetism layers 42 formed on it, by the 2nd [ this ] annealing in a magnetic field The both-sides edge C of the middle antiferromagnetism layer 41 regulation--ization-metamorphoses, and a big switched connection magnetic field generates it between the both-sides edge C of the middle antiferromagnetism layer 41, and the both-sides edge C of the free magnetic layer 28. Magnetization of the both-sides edge C of the free magnetic layer 28 is fixed crosswise [ truck ] (the direction of illustration X) by this. [0162] Since only the antiferromagnetism layer of thickness with the thin degree which is not tintured with the property of antiferromagnetism is formed on the center section D of the free magnetic layer 28, on the other hand, also by the 2nd above-mentioned annealing in a magnetic field The center section D of the middle antiferromagnetism layer 41 formed on the center section D of the free magnetic layer 28 does not regulation--ization-metamorphose. Even if a switched connection magnetic field does not occur between a center section D and the center section D of the free magnetic layer 28 of the middle antiferromagnetism layer 41 or it generates, it has not been said that the value is small and the center section D of the free magnetic layer 28 is firmly fixed crosswise [ truck ] like the both-sides edge C. Moreover, it is also avoidable that the coercive force of the center section D of the free magnetic layer 28 increases by the middle antiferromagnetism layer 41. [0163] Magnetization of the center section D of the free magnetic layer 28 is in the condition weakly single-domain-ized by the degree which can carry out flux reversal to an external magnetic field. [0164] Moreover, since the thickness of the middle antiferromagnetism layer 41 on the center section D of the free magnetic layer 28 is 50A or less, it can lessen splitting of the sense current to the middle antiferromagnetism layer 41, and can raise the magnetic field detection output of a magnetic sensing element. [0165] Thus, in this invention, compared with the former, magnetization control of the free magnetic layer 28 can be performed appropriately, and the magnetic sensing



element which was excellent in playback sensitivity also in the formation of a \*\* truck can be manufactured. [0166] Moreover, 2nd [ this ] annealing in a magnetic field may be given after forming the 2nd antiferromagnetism layer 42 and an interlayer 43 on the middle antiferromagnetism layer 41 after the drawing 6 production process. In this case, the middle antiferromagnetism layer 41 is that the 2nd antiferromagnetism layer 42 was formed in piles. Take on the property of antiferromagnetism, the middle antiferromagnetism layer 41 regulation--ization-metamorphoses by the 2nd annealing in a magnetic field, and a big switched connection magnetic field arises between the middle antiferromagnetism layer 41 and the free magnetic layer 28, and although magnetization of the free magnetic layer 28 whole becomes is easy to be fixed crosswise [ truck ], once By deleting a center section D and the center-section D of the 2nd antiferromagnetism layer 42 and the middle antiferromagnetism layer 41 of the 2nd antiferromagnetism layer 42 at the drawing 7 production process The switched connection magnetic field generated between the antiferromagnetism layers formed on the center section D of the free magnetic layer 28 becomes weaker, and it is thought that it is changeable into magnetization weak to the degree which is easy to carry out flux reversal of the center section D of the free magnetic layer 28. [0167] Drawing 8 is 1 process drawing showing the formation production process of the electrode layer 44. A drawing is a partial expanded sectional view from an opposed face side with a record medium. [0168] After removing the mask layer 50 in the case of the quality of the material from which it cannot turn into an electrode layer even if the mask layer 50 shown in drawing 7 leaves the resist etc., the electrode layer 44 must be formed on the 2nd antiferromagnetism layer 42. [0169] As shown in the drawing 8 production process, the resist layer 51 is further formed even in some upper surfaces of the 2nd antiferromagnetism layer 42 from gap 42b between the 2nd antiferromagnetism layers 42. In addition, the resist layer 51 may be formed only in gap 42b. And the electrode layer 44 is formed on the 2nd antiferromagnetism layer 42 which is not covered with the resist layer 51, and the resist layer 51 is removed. The electrode layer 44 can be formed on the 2nd antiferromagnetism layer 42 by this. [0170] In the drawing 7 production process, when [ at which the 2nd antiferromagnetism layer 42 is removed to the chain line K ] it mills, the magnetic sensing element shown in drawing 9 is obtained. Moreover, when milling which removes the middle antiferromagnetism layer 41 to an alternate long and short dash line L is performed, the magnetic sensing element shown in drawing 10 is obtained. [0171] Drawing 11 thru/or drawing 13 are 1 process drawings showing the manufacture method of the magnetic sensing element of this invention. Each production process shown in drawing 11 thru/or drawing 13 is the fragmentary sectional view seen from the opposed face side with a record medium. [0172] According to the same production process as drawing 1 , continuation membrane formation of the seed layer 21, the 1st antiferromagnetism layer 22, the fixed magnetic layer 23, the non-magnetic material layer 27, the free magnetic layer 28, and the non-magnetic layer 31 is carried out on a substrate 20. A spatter and vacuum deposition are used for membrane formation. The material and thickness of each class are the same as each class which attached the same sign shown in drawing 1 . [0173] Even if atmospheric-air exposure of the layered product which also shows this invention to drawing 5 by forming a non-magnetic layer 31 on the free magnetic layer 28 is carried out, it can prevent appropriately that the free magnetic layer 28 oxidizes. [0174] A non-magnetic layer 31 needs to be a precise layer which cannot oxidize easily due to atmospheric-air exposure here. [0175] In this invention, a non-magnetic layer 31



is formed with noble metals. It is desirable to specifically form with the noble metals which consist of any one sort of Ru, Re, Pd, Os, Ir, Pt, Au, and the Rh or two sorts or more. [0176] The non-magnetic layer 31 which consists of noble metals, such as Ru, is a precise layer which cannot oxidize easily due to atmospheric-air exposure. Therefore, even if it makes thickness of a non-magnetic layer 31 thin, it can prevent appropriately that the free magnetic layer 28 oxidizes by atmospheric-air exposure. [0177] It is desirable to form a non-magnetic layer 31 by 10Å or less by 3Å or more with this invention. It is possible to prevent appropriately that the free magnetic layer 28 oxidizes by atmospheric-air exposure appropriately also by the non-magnetic layer 31 of thin thickness of this level. [0178] Thus, ion milling control of degree production process can be performed appropriately and easily by having formed the non-magnetic layer 31 by thin thickness. [0179] As shown in drawing 11, after carrying out the laminating of each class to a non-magnetic layer 31 on a substrate 20, 1st annealing in a magnetic field is given. Impressing the 1st magnetic field (the direction of illustration Y) which is the direction which intersects perpendicularly with the width of recording track Tw (the direction of illustration X), it heat-treats at the 1st heat treatment temperature, a switched connection magnetic field is generated between the 1st antiferromagnetism layer 22 and the magnetic layer 24 which constitutes the fixed magnetic layer 23, and magnetization of a magnetic layer 24 is fixed in the direction of illustration Y. The direction of illustration Y is fixed to hard flow by the switched connection by the RKKY interaction which magnetization of another magnetic layer 26 commits between magnetic layers 24. In addition, 1st heat treatment temperature is made into 270 degrees C, for example, and magnitude of a magnetic field is set to 800k (A/m). [0180] Moreover, noble-metals elements, such as Ru which constitutes a non-magnetic layer 31, are considered to be spread in the free magnetic layer 28 interior by the 1st above-mentioned annealing in a magnetic field. Therefore, the configuration element near the surface of the free magnetic layer 28 after heat treatment consists of the elements and noble-metals elements which constitute an antiferromagnetism layer. Moreover, it is thought that there are more noble-metals elements diffused in the free magnetic layer 28 interior the surface side of the free magnetic layer 28 than the inferior-surface-of-tongue side of the free magnetic layer 28, and the presentation ratio of the diffused noble-metals element decreases to an inferior surface of tongue gradually according to the other side from the surface of the free magnetic layer 28. Such a presentation modulation can be checked with the equipment which analyzes the chemical composition of thin films, such as a SIMS analysis apparatus. [0181] Next, ion milling of the whole surface of a non-magnetic layer 31 is carried out, and a non-magnetic layer 31 is removed. [0182] The ion milling of low energy can be used at the ion milling production process shown in drawing 11. The reason is that the non-magnetic layer 31 is formed in the membrane formation phase by the very thin thickness which is 3Å - about 10Å. For this reason, in this invention, a non-magnetic layer 31 is removed by the ion milling of low energy, and milling can raise milling control compared with a stop or the former which becomes empty on the maximum surface of the free magnetic layer 28 by it. [0183] In addition, as for whenever [ incident angle / of the ion milling in the drawing 11 production process ], it is desirable to make it from a normal 30 degrees - 70 degrees over the substrate 20 surface. In addition, the processing time of ion milling is about 1 minute. [0184] Next, at the production process shown in drawing 12, continuation membrane formation of the interlayer (protective layer) 43 who formed the ferromagnetic layer 45 and was further formed by the 2nd antiferromagnetism layer

42, Ta, etc. on the free magnetic layer 28 using the same material as the magnetic material layer 30 of the free magnetic layer 28 or the diffusion prevention layer 29 is carried out in a vacuum. An interlayer 43 is for protecting the 2nd antiferromagnetism layer 42 so that it may not oxidize by atmospheric-air exposure. [0185] In addition, it is desirable to form the 2nd antiferromagnetism layer 42 with the same quality of the material as the 1st antiferromagnetism layer 22. [0186] Moreover, it is desirable that the thickness of the 2nd antiferromagnetism layer 42 makes it thick thickness 500Å or less by 80Å or more at the production process shown in drawing 6. [0187] Next, the mask layer 50 which opened predetermined gap 50a crosswise [ truck ] (the direction of illustration X), for example, was formed with the inorganic material on the interlayer 43 is formed. As said inorganic material, Ta, Ti, Si, Zr, Nb, Mo, Hf, W, aluminum-O, aluminum-Si-O, Si-O, etc. can be chosen. Among these, when forming the mask layer 50 with a metallic material, after a manufacturing process, it can leave the mask layer 50 as it is, and it can also be operated as an electrode layer 44. [0188] After formation of the mask layer 50 stands the resist layer (not shown) on the middle class's 43 center section and buries the both sides by the mask layer 50, it removes said resist layer and forms gap 50a of predetermined width of face in the mask layer 50. Or after forming a resist layer (not shown) in piles on the mask layer 50 after forming the mask layer 50 on [ whole ] the middle class 43, and forming a hole in the center section of said resist layer by exposure development, the mask layer 50 exposed from this hole is deleted by RIE etc., and gap 50a of predetermined width of face is formed in the mask layer 50. [0189] Or by this invention, the mask layer 50 may be formed by the resist. The interlayer 43 who exposes out of gap 50a of the mask layer 50 is deleted by RIE or ion milling, and the 2nd antiferromagnetism layer 42 and the ferromagnetic layer 45 under an interlayer 43 are deleted further. [0190] As shown in drawing 12, since the 2nd antiferromagnetism layer 42 is deleted in the direction near a perpendicular direction or a perpendicular direction to the substrate 20 surface, inside edge 42a of the 2nd antiferromagnetism layer 42 is formed in the direction near a perpendicular direction (illustration Z direction) or a perpendicular direction to the substrate 20 surface. In addition, when deleting to the layer formed in the 2nd antiferromagnetism layer 42 bottom naturally, it will be formed in the direction near a perpendicular direction or a perpendicular direction by the inside end face of deleted each class to the substrate 20 surface. [0191] In addition, when inside edge 50b of the mask layer 50 is formed, for example like the dotted line M of drawing 12 in respect of the inclined plane where gap 50a spreads gradually towards the upper surface from an inferior surface of tongue, or the curve, inside edge 42a of 2nd antiferromagnetism layer 42 grade is also formed as an inclined plane or a curve side. [0192] If inside edge 50b of the mask layer 50 is formed as an inclined plane or a curve side, the other side becomes narrow [ the width-of-face size to the truck cross direction in gap 50a deleted (the direction of illustration X) ] on the inferior surface of tongue. For this reason, the width of recording track Tw can be made still smaller than the width of face of gap 50a of the mask layer 50, and the magnetic sensing element which can respond to \*\* truck-ization can be manufactured. [0193] After above-mentioned RIE and the above-mentioned ion milling production process are completed, 2nd annealing in a magnetic field is given. The direction of a magnetic field at this time is the truck cross direction (the direction of illustration X). In addition, the 2nd [ this ] annealing in a magnetic field is smaller than the exchange anisotropy magnetic field of the 1st antiferromagnetism layer 22 in the 2nd impression magnetic field, and, moreover, makes heat

treatment temperature lower than the blocking temperature of the 1st antiferromagnetism layer 22. The exchange anisotropy magnetic field of the both-sides edge C of the 2nd antiferromagnetism layer 42 can be turned crosswise [ truck ] (the direction of illustration X), turning the direction of the exchange anisotropy magnetic field of the 1st antiferromagnetism layer 22 in the height direction (the direction of illustration Y) by this. In addition, the 2nd heat treatment temperature is 250 degrees C, and the magnitude of a magnetic field is 8-30 (kA/m) (A/m), for example, 24k. [0194] In addition, it is desirable to make the 2nd impression magnetic field larger than the anti-magnetic field of the ferromagnetic layer 32 and the free magnetic layer 28 and coercive force. [0195] For this reason, by the 2nd above-mentioned annealing in a magnetic field, the 2nd antiferromagnetism layer 42 regulation--ization-metamorphoses appropriately, and the switched connection magnetic field of magnitude suitable between the 2nd antiferromagnetism layer 42 and the ferromagnetic layer 45 generates it. Furthermore, ferromagnetic association based on an exchange interaction occurs between the both-sides edges C of the ferromagnetic layer 45 and the free magnetic layer 28, and magnetization of the both-sides edge C of the free magnetic layer 28 is fixed crosswise [ truck ] (the direction of illustration X) to it by this. [0196] In addition, magnetization of the center section D of the free magnetic layer 28 is in the condition weakly single-domain-ized by the degree which can carry out flux reversal to an external magnetic field. [0197] Moreover, although a non-magnetic layer 31 is removed completely and it will be slightly deleted by the surface of the free magnetic layer 28 if the drawing 11 production process performs 50 degrees to 60 degrees, and milling time amount for a milling angle from 30 seconds in 50 seconds to the perpendicular direction of the substrate 20 surface In order that the free magnetic layer 28 may not receive a serious damage by ion milling, ferromagnetic association suitable between the both-sides edges C of the ferromagnetic layer 45 and the free magnetic layer 28 occurs, and it also becomes possible to set magnitude of an exchange bias magnetic field to 32-72 (kA/m). [0198] In this invention, even if it makes thin thickness of the ferromagnetic layer 45 by which a laminating is carried out on the free magnetic layer 28, magnetic association between the free magnetic layer 28 and the ferromagnetic layer 45 (ferromagnetism-exchange interaction) can be strengthened. [0199] If thickness of the ferromagnetic layer 45 is made thin, the switched connection magnetic field generated between the 2nd antiferromagnetism layer 42 and the ferromagnetic layer 45 becomes strong, and comes to be able to carry out magnetization immobilization of the both-sides edge of a free magnetic layer firmly. That is, side leading is stopped and the magnetic sensing element which can respond can be manufactured suitable for the formation of a \*\* truck. [0200] Moreover, if the ferromagnetic layer 45 is made thin, it can also be controlled that an excessive static magnetic field enters the center section D of the free magnetic layer 28 from the inside side of the ferromagnetic layer 45, and the fall of sensitivity to the external magnetic field of the center section D of the free magnetic layer 28 in which flux reversal is possible can be prevented. [0201] In this invention, the thickness of the ferromagnetic layer 45 can be set as 5A - 50A. Thus, in this invention, compared with the former, magnetization control of the free magnetic layer 28 can be performed appropriately, and the magnetic sensing element which was excellent in playback sensitivity also in the formation of a \*\* truck can be manufactured. [0202] After removing the mask layer 50 in the case of the quality of the material from which it cannot turn into an electrode layer even if the mask layer 50 shown in drawing 7 leaves the resist etc., the electrode layer 44 must be formed on the 2nd

antiferromagnetism layer 42. [0203] When forming the electrode layer 44, as shown in the drawing 8 production process, the resist layer 51 is further formed even in some upper surfaces of the 2nd antiferromagnetism layer 42 from gap 42b between the 2nd antiferromagnetism layers 42. In addition, the resist layer 51 may be formed only in gap 42b. And the electrode layer 44 is formed on the 2nd antiferromagnetism layer 42 which is not covered with the resist layer 51, and the resist layer 51 is removed. The electrode layer 44 can be formed on the 2nd antiferromagnetism layer 42 by this. [0204] The magnetic sensing element shown in drawing 13 can be obtained through each above-mentioned production process. In addition, after ion milling termination of drawing 11, the laminating of the ferromagnetic layer 45 may not be carried out, but the laminating of the 2nd antiferromagnetism layer 42 may be directly carried out on the free magnetic layer 28. In this case, although the exchange bias magnetic field given to the free magnetic layer 28 becomes smaller than the magnetic sensing element shown in drawing 13, it can still acquire the exchange bias magnetic field of 16 (kA/m) degree in an absolute value. [0205] Next, the gestalt of the free magnetic layer 28 in this invention is explained. In drawing 1 thru/or drawing 13, altogether, the free magnetic layer 28 is two-layer structure, and the layers of the side which touches the non-magnetic material layer 27 are the diffusion prevention layers 29, such as CoFe and Co. The magnetic material layer 30 is formed with magnetic materials, such as a NiFe alloy. [0206] The free magnetic layer 28 may be formed by the monolayer of a magnetic material. As a magnetic material, a NiFe alloy, a CoFe alloy, a CoFeNi alloy, Co, a CoNi alloy, etc. can be chosen. Among these, it is desirable to form especially the free magnetic layer 28 with a CoFeNi alloy. [0207] Drawing 14 is the partial expanded sectional view illustrated focusing on the portion of the free magnetic layer 28. The cross section is seen from the opposed face side with a record medium. [0208] With the gestalt shown in drawing 14, the free magnetic layer 28 is a three-tiered structure. All of each class of the signs 56, 57, and 58 which constitute the free magnetic layer 28 are the layers of a magnetic material, and the magnetic material layer 56 is a diffusion prevention layer for preventing diffusion of an element between the non-magnetic material layers 27. The magnetic material layer 56 is formed by CoFe, Co, etc. [0209] The magnetic material layer 58 is formed in contact with the ferromagnetic layer 32, the middle antiferromagnetism layer 41, or the ferromagnetic layer 45. In drawing 14, the condition of being in contact with the ferromagnetic layer 32 is illustrated. [0210] As for the magnetic material layer 58, being formed with a CoFe alloy is desirable. As combination of the quality of the material of a three-tiered structure shown in drawing 14, magnetic material layer 56:CoFe/magnetic material layer 57:NiFe/magnetic material layer 58:CoFe can be shown, for example. [0211] As for the thickness of the free magnetic layer 28 formed only with the magnetic material, it is desirable to be formed by 30Å - about 50Å. Moreover, Co is [ Fe of the presentation ratio of the CoFe alloy used for the free magnetic layer 28 ] 10at(s)% 90at(s)%. [0212] Drawing 15 is the partial expanded sectional view showing another operation gestalt of the free magnetic layer 28. The free magnetic layer 28 shown in drawing 15 is structure called laminating ferry structure. Without making extremely thin physical thickness of the free magnetic layer 28 by this, thickness of a magnetic effectual free magnetic layer can be made thin, and the sensitivity to an external magnetic field can be raised. [0213] The layer of signs 59 and 61 is a magnetic layer, and the layer of a sign 60 is a nonmagnetic interlayer. A magnetic layer 59 and a magnetic layer 61 are formed with magnetic materials, such as for example, a NiFe alloy, a CoFe alloy, a CoFeNi alloy, Co, and

a CoNi alloy. Among these, as for especially a magnetic layer 59 and/or a magnetic layer 61, being formed with a CoFeNi alloy is desirable. As a presentation ratio, it is desirable at more than 0.5at% that less than [ 17at% ] and nickel are [ less than / 10at% / and the remainder ] at% of Co(es) more than in 9at% for Fe. [0214] Thereby, a magnetic layer 59 and the joint magnetic field by the RKKY interaction committed among 61 can be enlarged. Specifically, a spin FUROPPI magnetic field ( $H_{sf}$ ) is made to the about 293 (kA/m) above. By the above, magnetization with a magnetic layer 59 and a magnetic layer 61 changes into an anti-parallel condition appropriately. Moreover, the magnetostriction of the free magnetic layer 28 can be stored within the limits of  $-3 \times 10^{-6}$  to  $3 \times 10^{-6}$  as it is above-mentioned presentation within the limits, and coercive force can be made small below 790 (A/m). [0215] Furthermore, it is possible to aim at appropriately control of reduction of the resistance variation ( $\Delta R$ ) by improvement in the soft magnetic characteristics of the free magnetic layer 28 and diffusion of nickel to the non-magnetic material layer 27 or resistance rate of change ( $\Delta R/R$ ). [0216] Moreover, as for the nonmagnetic interlayer 60, it is desirable to be formed by one sort or two sorts or more in Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu. [0217] By about 35Å, the nonmagnetic interlayer 60 is formed by about 9Å, and the thickness of a magnetic layer 61 is formed for the thickness of a magnetic layer 59 by about 15Å. [0218] As are shown in drawing 18, and it can also change into the condition that the magnetic layer 61 was removed in part in the center section D and shown in drawing 19, a magnetic layer 61 is completely removed in the center section D, and when the above-mentioned free magnetic layer 28 is formed with laminating ferry structure, it can also constitute so that the nonmagnetic interlayer 60 may expose. Thereby, the center section D of the free magnetic layer 28 functions not as laminating ferry structure but as a free magnetic layer formed only by the usual magnetic layer, on the other hand, at the both-sides edge C of the free magnetic layer 28, it can serve as laminating ferry structure, on the other hand, can reinforce a tropism bias magnetic field, can make the both-sides edge C of the free magnetic layer 28 more certainly able to fix crosswise [ truck ], and can prevent generating of side leading. [0219] Moreover, between the magnetic layer 59 and the non-magnetic material layer 27, the diffusion prevention layer formed by the CoFe alloy or Co may be prepared. Furthermore, the magnetic layer formed with the CoFe alloy between the magnetic layer 61 and the middle antiferromagnetism layer 41 may intervene. [0220] When a magnetic layer 59 and/or a magnetic layer 61 are formed with a CoFeNi alloy in this case, the presentation ratio of Fe of a CoFeNi alloy is below 15 atom % above 7 atom %, the presentation ratio of nickel is below 15 atom % above pentatomic %, and, as for the remaining presentation ratios, it is desirable that it is Co. [0221] Thereby, a magnetic layer 59 and the switched connection magnetic field in the RKKY interaction generated among 61 can be strengthened. Specifically, a spin FUROPPI magnetic field ( $H_{sf}$ ) can be enlarged even about 293 (kA/m). Therefore, magnetization of magnetic layers 59 and 61 can be appropriately changed into an anti-parallel condition. [0222] Moreover, the magnetostriction of the free magnetic layer 28 can be stored within the limits of  $-3 \times 10^{-6}$  to  $3 \times 10^{-6}$  as it is above-mentioned presentation within the limits, and coercive force can be made small below 790 (A/m). Furthermore, improvement in the soft magnetic characteristics of the free magnetic layer 28 can be aimed at. [0223] Drawing 16 is the partial expanded sectional view showing another gestalt of the free magnetic layer 28 in this invention. The specular film 63 is formed in the free magnetic layer 28 shown in drawing 16 between the magnetic material layer 62 and 64. As shown in the specular film 63 at drawing 16, the

defective part (pinhole) G may be formed. Moreover, with the operation gestalt shown in drawing 16, the magnetic layer 62 and magnetic layer 64 which sandwiched the specular film (specular reflection layer) 63 are magnetized in the same direction (the direction of an arrow head). [0224] Magnetic materials, such as a NiFe alloy, a CoFe alloy, a CoFeNi alloy, Co, and a CoNi alloy, are used for magnetic layers 62 and 64. [0225] Specular reflection of the conduction electron (for example, conduction electron with rise spin) which reached the specular film 63 when the specular film 63 was formed in the free magnetic layer 28 like drawing 16 is carried out holding spin states (energy, quantum state, etc.) there. And it becomes possible for the conduction electron with the rise spin which carried out specular reflection to change the migration sense, and to pass through the inside of a free magnetic layer. [0226] For this reason, in this invention, it becomes possible to become possible to lengthen mean free path  $\lambda^+$  of conduction electron with rise spin by forming the specular film 63 compared with the former, and to be able to enlarge the difference of mean free path  $\lambda^+$  of the conduction electron which therefore has rise spin, and mean free path  $\lambda^-$  of conduction electron with down spin, therefore to aim at improvement in a playback output with improvement in resistance rate of change ( $\Delta R/R$ ). [0227] Formation of the specular film 63 forms even a magnetic layer 62, and oxidizes the magnetic layer 62 surface. This oxidizing zone can be operated as a specular film 63. And a magnetic layer 64 is formed on the specular film 63. [0228] As the quality of the material of the specular film 63, Fe-O, nickel-O, Co-O, Co-Fe-O, Co-Fe-nickel-O, aluminum-O, and aluminum-Q-O (here -- Q -- B --) One or more sorts chosen from Si, N, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, and nickel, R-O (it Hf(s) here -- R -- Cu, Ti, V, Cr, Zr, Nb, and Mo --) one or more sorts of oxides chosen from Ta and W, aluminum-N, and aluminum-Q-N (here -- Q -- B --) One or more sorts chosen from Si, O, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, and nickel, the nitride of R-N (one or more sorts as which R is chosen from Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, and W here), a semimetal whistler alloy, etc. can be shown. [0229] When carrying out spatter membrane formation of the specular film 63, temperature of a substrate 20 is made into 0-100 degrees C, distance between the targets of the material of a substrate 20 and the specular film 63 is set to 100-300mm, and Ar gas pressure is set to  $10^{-5}$  -  $10^{-3}$ Torr ( $1.3 \times 10^{-3}$ -0.13Pa). [0230] Drawing 17 is the partial expanded sectional view showing another gestalt of the free magnetic layer 28 in this invention. [0231] As for the free magnetic layer 28 shown in drawing 17, the BAKKUDO layer 66 is formed between the magnetic layer 65 and the ferromagnetic layer 32. The BAKKUDO layer 66 is formed by Cu, Au, Cr, Ru, etc. A magnetic layer 65 is formed with magnetic materials, such as a NiFe alloy, a CoFe alloy, a CoFeNi alloy, Co, and a CoNi alloy. [0232] by forming the BAKKUDO layer 66, the mean free path (mean free path) in the conduction electron (upward spin: up spin) of rise spin contributed to a magneto-resistive effect is extended, big resistance rate of change is obtained in a spin bulb mold magnetic cell according to the so-called spin filter effect (spin filter effect), and it can respond to high recording density-ization. [0233] In addition, in the magnetic sensing element of the gestalt of operation mentioned above, the fixed magnetic layer 23 may be formed as a ferromagnetic material layer of a monolayer. [0234] When the magnetic head is constituted using the magnetic sensing element of this invention, the substrate layer which consists of insulating materials, such as an alumina, between a substrate 20 and the 1st antiferromagnetism layer 22, the lower shield layer which consists of a magnetic alloy by which a laminating is carried out on this substrate layer, and the lower gap layer which consists of an insulating material by which a laminating

is carried out on this lower shield are formed. The laminating of the thin film magnetic cell is carried out on said lower gap layer. Moreover, on this thin film magnetic cell, the up shield layer which consists of a magnetic alloy by which a laminating is carried out is formed on the up gap layer which consists of an insulating material, and this up gap layer. Moreover, it writes in on said up shield layer, and the laminating of the inductive element of business may be carried out. [0235] By the way, by drawing 1 thru/or drawing 19, the electrode layers 33 and 44 were formed on the both-sides edges C and C of the truck cross direction (the direction of illustration X) of the multilayers which have a fixed magnetic layer, a non-magnetic material layer, and a free magnetic layer, and the current which flows in said multilayers from the electrode layers 33 and 44 explained the manufacture method of the magnetic sensing element of the CIP (current in the plane) mold which flows the inside of said multilayers in the parallel direction to the [0236] On the other hand, the manufacture method of the magnetic sensing element explained henceforth [drawing 20] is the manufacture method of the magnetic sensing element of a CPP (current perpendicular to the plane) mold that the current of said multilayers which an electrode layer is prepared up and down and flows in said multilayers from said electrode layer flows perpendicularly to the film surface of each class of said multilayers. [0237] First, at the drawing 20 production process, the lower electrode layer 70 which makes a lower shield layer serve a double purpose is formed using magnetic materials, such as NiFe, on the substrate which is not illustrated. [0238] Furthermore, continuation membrane formation of the multilayers by which the laminating was carried out on the lower electrode layer 70 to the seed layer 21, the 1st antiferromagnetism layer 22, the 1st fixed magnetic layer 24, the nonmagnetic middle class 25, the fixed magnetic layer 23 of the synthetic ferrymagnetic layer PINDO mold which consists of the 2nd fixed magnetic layer 26, the non-magnetic material layer 27, the free magnetic layer 28, and the non-magnetic layer 31 is carried out in the same vacuum membrane formation equipment according to thin film formation processes, such as a sputter and vacuum deposition. [0239] The material of the 1st antiferromagnetism layer 22, the 1st fixed magnetic layer 24, the nonmagnetic interlayer 25, the 2nd fixed magnetic layer 26, the non-magnetic material layer 27, the free magnetic layer 28, and a non-magnetic layer 31 is the same as the manufacture method of the magnetic sensing element shown in drawing 4 from drawing 1. [0240] Next, in the magnetic field of the 1st magnitude which turned to the 1st heat treatment temperature and the direction of Y for the multilayers by which the laminating was carried out to the non-magnetic layer 31, 1st annealing in a magnetic field is performed, an exchange anisotropy magnetic field is generated between the 1st antiferromagnetism layer 22 and the 1st fixed magnetic layer 24, and the magnetization direction of the fixed magnetic layer 23 is fixed in the direction of illustration Y. With the result of this operation, the 1st magnitude of 270 degrees C and a magnetic field is set to 800k (A/m) for said 1st heat treatment temperature. [0241] Next, as shown in drawing 21, the resist layer 49 for lift off by which the slitting section was formed in the inferior surface of tongue is formed on a non-magnetic layer 31. The resist layer 49 forms the field of the width-of-recording-track field (center section) D of a non-magnetic layer 31 as a wrap thing. [0242] Next, the field which is not covered with the resist layer 49 of a non-magnetic layer 31 is completely deleted by ion milling, and the free magnetic layer 28 is exposed. This ion milling is the ion milling of the low energy explained previously. [0243] And continuation membrane formation of the ferromagnetic layers 32 and 32 and the 2nd antiferromagnetism layers 33 and 33 is carried out by the sputter on the both-sides edges C and



C of the exposed free magnetic layer 28. [0244] In this invention, a non-magnetic layer 31 can be deleted by the ion milling of low energy. The ion milling of low energy has a late milling rate, and it becomes possible to narrow the margin of a milling stop location. It also becomes possible to stop milling at the moment of removing a non-magnetic layer 31 by ion milling especially. The free magnetic layer 28 stops therefore, receiving a serious damage by ion milling. In addition, as for whenever [ incident angle  $\theta$  of the ion milling in the drawing 23 production process ], it is desirable to make it from a normal 30 degrees - 70 degrees over the non-magnetic layer 31 surface. Moreover, the processing time of ion milling is several seconds - about 10 minutes. [0245] For this reason, even if it makes thin thickness of the ferromagnetic layer 32 by which a laminating is carried out on the free magnetic layer 28 at degree production process, magnetic association between the free magnetic layer 28 and the ferromagnetic layer 32 (ferromagnetism-exchange interaction) can be strengthened. [0246] The truck cross direction gap W2 of the 2nd antiferromagnetism layers 33 and 33 is larger than the width-of-face size W2 of the truck cross direction of base 49a of the resist layer 49. The resist 49 has covered the center section of the non-magnetic layer 31 in the abbreviation four-way-type configuration or the approximate circle configuration. [0247] Next, an insulating layer 71 is formed by the spatter on the 2nd antiferromagnetism layer 33 and 33 [ the field which is not covered with the resist layer 49 of a non-magnetic layer 31 as shown in drawing 21 , and ]. An insulating layer 71 consists of insulating materials, such as aluminum 2O3, SiO2 and AlN, aluminum-Si-O, and Si3N4. The ion beam spatter method, the long slow spatter method, the collimation spatter method, etc. can be used for a spatter. [0248] In addition, an insulating layer 71 can cover the 2nd antiferromagnetism layers 33 and 33 completely by adjusting whenever incident angle  $\theta$  of a spatter ], and extending and forming side edge marginal 71a by the side of the width-of-recording-track field (center section) C of an insulating layer 71 till the place which the non-magnetic layer 31 and the resist layer 49 have joined. [0249] At this time, the truck cross direction size W2 of the base of the resist layer 49 and the distance between a truck and the cross direction of the side edge edges 71a and 71a become equal. In addition, the distance between a truck and the cross direction of the side edge edges 71a and 71a specifies the width-of-recording-track size Tw (= W2) of a magnetic sensing element. [0250] When an insulating layer 71 covers the 2nd antiferromagnetism layers 33 and 33 completely, at the production process of drawing 21 When a presentation changes in the side edge edge 33a1 of the 2nd antiferromagnetism layers 33 and 33, and the field of the 33a1 neighborhood or who arises Even if it becomes easy to move the magnetization direction of the side edge edge 33a1 of the 2nd antiferromagnetism layers 33 and 33, and the both-sides edges C and C of the free magnetic layer 28 which laps with the 33a1 neighborhood, it can suppress that the effective width of recording track Tw changes. [0251] After membrane formation of an insulating layer 71, if the resist layer 49 is removed, hole 71b which a non-magnetic layer 31 exposes to the center section of the insulating layer 71 will be made. [0252] In addition, the magnetic sensing element of the gestalt of this operation can form the 1st antiferromagnetism layer 22 and the 2nd antiferromagnetism layers 33 and 33 using the antiferromagnetism material of the same presentation. [0253] The resist layer 49 is removed, in the 2nd heat treatment temperature and the magnetic field of the 2nd magnitude which turned to the direction of X, it applies to the 2nd annealing in a magnetic field, an exchange anisotropy magnetic field is generated between the 2nd antiferromagnetism layers 33 and 33 and the ferromagnetic layers 32 and 32, and the

magnetization direction of the ferromagnetic layers 32 and 32 is fixed in the direction of illustration X. With the gestalt of this operation, the 2nd magnitude of 250 degrees C and a magnetic field is set to 8k (A/m) for said 2nd heat treatment temperature. [0254] The exchange anisotropy magnetic field between the 2nd antiferromagnetism layers 33 and 33 and the ferromagnetic layers 32 and 32 is produced for the first time in the 2nd annealing production process in a magnetic field. Therefore, the direction of the exchange anisotropy magnetic field between the 1st antiferromagnetism layer 22 and the 1st fixed magnetic layer 24 has been turned in the direction of illustration Y. In order to turn the exchange anisotropy magnetic field between the 2nd antiferromagnetism layers 33 and 33 and the ferromagnetic layers 32 and 32 in the direction of illustration X What is necessary is just to set said 2nd heat treatment temperature as a temperature lower than the blocking temperature to which the switched connection magnetic field by the 1st antiferromagnetism layer 22 disappears, and to make magnitude of said 2nd magnetic field smaller than the exchange anisotropy magnetic field between the 1st antiferromagnetism layer 22 and the 1st fixed magnetic layer 24. Moreover, if 2nd annealing in a magnetic field is performed under these conditions, even if it forms the 1st antiferromagnetism layer 22 and 2nd antiferromagnetism layers 33 and 33 using the antiferromagnetism material of the same presentation The exchange anisotropy magnetic field between the 2nd antiferromagnetism layers 33 and 33 and the ferromagnetic layers 32 and 32 can be turned in the direction of illustration X, turning the direction of the exchange anisotropy magnetic field between the 1st antiferromagnetism layer 22 and the 1st fixed magnetic layer 24 in the direction of illustration Y. That is, it becomes easy to fix the magnetization direction of the free magnetic layer 28 in the magnetization direction of the fixed magnetic layer 23 and the direction which intersects perpendicularly. [0255] In addition, as for the magnitude of the 2nd magnetic field at the time of the 2nd annealing in a magnetic field, it is desirable that it is larger than the anti-magnetic field of the saturation magnetic field of the free magnetic layer 28 and the ferromagnetic layer 32, the free magnetic layer 28, and the ferromagnetic layer 32. [0256] And if required, the non-magnetic layer 31 surface will be cleaned by ion milling. and the up electrode layer 72 which has an up shield -- a spatter -- or plating formation is carried out. Moreover, it applies on a non-magnetic layer 31 from an insulating layer 71, and after forming the non-magnetic layer 73 shown in drawing 22 by the dotted line by a spatter etc., plating formation of the up electrode layer 72 which has an up shield may be carried out. [0257] As for a non-magnetic layer 73, it is desirable to be formed with nonmagnetic electrical conducting materials, such as Ta, Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu. Although a non-magnetic layer 73 has a role of an up gap layer, since current stops being able to flow in multilayers easily, it is not desirable. [ of covering the non-magnetic layer 31 top used as the entrance of a current path by the non-magnetic layer 73 which consists of an insulating material ] Therefore, it is desirable to form a non-magnetic layer 73 with a nonmagnetic electrical conducting material in this invention. [0258] In the magnetic sensing element shown in drawing 22 formed as mentioned above, it becomes possible to manufacture the 2nd antiferromagnetism layer 33 and the magnetic sensing element of the CPP mold which can control appropriately an insulating layer 71 and the splitting loss of current which can be caused 71, can cover and flows from an electrode layer for 33 tops. [0259] Other manufacture methods of a CPP mold MAG sensing element are explained. At the drawing 23 production process, the lower electrode layer 70 which makes a lower shield layer serve a double purpose is first formed using magnetic materials, such as NiFe,

on the substrate which is not illustrated. Furthermore, continuation membrane formation of the seed layer 21, the 1st antiferromagnetism layer 22, the fixed magnetic layer 23, the non-magnetic material layer 27, the free magnetic layer 28, the middle antiferromagnetism layer 41, and the non-magnetic layer 31 is carried out like the drawing 5 production process. A spatter and vacuum deposition are used for membrane formation. . [0260] As for the thickness of the middle antiferromagnetism layer 41, it is desirable to form by 50A or less by 10A or more, and it forms it by 40A or less by 30A or more more preferably. [0261] By forming the middle antiferromagnetism layer 41 by thin thickness 50A or less as mentioned above Even if the middle antiferromagnetism layer 41 stops having the property of antiferromagnetism and gives annealing in a magnetic field Even if a switched connection magnetic field does not occur or occurs between the middle antiferromagnetism layer 41 and the free magnetic layer 28 that the middle antiferromagnetism layer 41 cannot regulation--ization-metamorphose easily, the value is small and magnetization of the free magnetic layer 28 is not firmly fixed like the fixed magnetic layer 23. [0262] That moreover, the middle antiferromagnetism layer 41 presupposed that 10A or more is preferably formed by 30A or more If there is no thickness of this level, even if it forms the 2nd antiferromagnetism layer 42 on the both-sides edge C of the middle antiferromagnetism layer 41 at an after production process It is because the both-sides edge C of the middle antiferromagnetism layer 41 cannot be easily tintured with the property of antiferromagnetism and the switched connection magnetic field of magnitude suitable between the both-sides edge C of the middle antiferromagnetism layer 41 and the both-sides edge C of the free magnetic layer 28 does not occur. [0263] Moreover, by forming a non-magnetic layer 31 on the middle antiferromagnetism layer 41 like the drawing 23 production process, even if atmospheric-air exposure of the layered product shown in drawing 23 is carried out, it can prevent appropriately that the middle antiferromagnetism layer 41 oxidizes. [0264] In this invention, a non-magnetic layer 31 is formed with noble metals. It is desirable to specifically form with the noble metals which consist of any one sort of Ru, Re, Pd, Os, Ir, Pt, Au, and the Rh or two sorts or more. [0265] The non-magnetic layer 31 which consists of noble metals, such as Ru, is a precise layer which cannot oxidize easily due to atmospheric-air exposure. Therefore, even if it makes thickness of a non-magnetic layer 31 thin, it can prevent appropriately that the middle antiferromagnetism layer 41 oxidizes by atmospheric-air exposure. [0266] It is desirable to form a non-magnetic layer 31 by 10A or less by 3A or more with this invention. It is possible to prevent appropriately that the middle antiferromagnetism layer 41 oxidizes by atmospheric-air exposure appropriately also by the non-magnetic layer 31 of thin thickness of this level. [0267] In this invention, a non-magnetic layer 31 is formed with noble metals, such as Ru, as mentioned above, and, moreover, the non-magnetic layer 31 is formed by 3A - about 10A thin thickness. Thus, ion milling control of degree production process can be performed appropriately and easily by having formed the non-magnetic layer 31 by thin thickness. [0268] As shown in drawing 23 , after carrying out the laminating of each class to a non-magnetic layer 31, 1st annealing in a magnetic field is given. Impressing the 1st magnetic field (the direction of illustration Y) which is the direction which intersects perpendicularly with the width of recording track Tw (the direction of illustration X), it heat-treats at the 1st heat treatment temperature, a switched connection magnetic field is generated between the 1st antiferromagnetism layer 22 and the magnetic layer 24 which constitutes the fixed magnetic layer 23, and magnetization of a magnetic layer 24 is fixed in the direction of illustration Y. The

direction of illustration Y is fixed to hard flow by the switched connection by the RKKY interaction which magnetization of another 2nd fixed magnetic layer 26 commits between the 1st fixed magnetic layers 24. In addition, 1st heat treatment temperature is made into 270 degrees C, for example, and magnitude of a magnetic field is set to 800k (A/m). [0269] Moreover, as described above, since the middle antiferromagnetism layer 41 has thin thickness, it is [ regulation--ization-] hard to metamorphose by the 1st [ this ] annealing in a magnetic field, and a switched connection magnetic field is not generated between the middle antiferromagnetism layer 41 and the magnetic material layer 30 which constitutes the free magnetic layer 28. It is because the middle antiferromagnetism layer 41 is formed by thin thickness 50A or less and it does not have the property as antiferromagnetism. [0270] Moreover, noble-metals elements, such as Ru which constitutes a non-magnetic layer 31, are considered to be spread in the middle antiferromagnetism layer 41 interior by the 1st above-mentioned annealing in a magnetic field. Therefore, the configuration element of the middle antiferromagnetism layer 41 after heat treatment consists of the elements and noble-metals elements which constitute an antiferromagnetism layer. Moreover, it is thought that there are more noble-metals elements diffused in the middle antiferromagnetism layer 41 interior the surface side of the middle antiferromagnetism layer 41 than the inferior-surface-of-tongue side of the middle antiferromagnetism layer 41, and the presentation ratio of the diffused noble-metals element decreases to an inferior surface of tongue gradually according to the other side from the surface of the middle antiferromagnetism layer 41. Such a presentation modulation can be checked by a SIMS analysis apparatus etc. [0271] Moreover, since this mixture shows antiferromagnetism when it mixes with the material of a middle antiferromagnetism layer, the noble-metals element for forming a non-magnetic layer 31 is the 1st annealing in a magnetic field, and even if said noble-metals element is spread inside the middle antiferromagnetism layer 41, it can lose that the antiferromagnetism of the middle antiferromagnetism layer 41 deteriorates. [0272] Next, ion milling of the whole surface of a non-magnetic layer 31 is carried out at the drawing 23 production process, and a non-magnetic layer 31 is removed. [0273] At the ion milling production process shown in drawing 23 , the ion milling of the above-mentioned low energy can be used. The reason is that the non-magnetic layer 31 is formed in the membrane formation phase by the very thin thickness which is 3A - about 10A. For this reason, in this invention, a non-magnetic layer 31 is removed by the ion milling of low energy, and milling can raise milling control compared with a stop or the former which becomes empty on the maximum surface of a middle antiferromagnetism layer by it. [0274] As for whenever [ incident angle / of the ion milling in the drawing 23 production process ], it is desirable to make it from a normal 30 degrees - 70 degrees over the non-magnetic layer 31 surface. In addition, the processing time of ion milling is several seconds - about 10 minutes. [0275] Next, at the production process shown in drawing 24 , the 2nd antiferromagnetism layer 42 is formed on the middle antiferromagnetism layer 41. In addition, it is desirable to form the 2nd antiferromagnetism layer 42 with the same quality of the material as the middle antiferromagnetism layer 41. [0276] Moreover, it is desirable to adjust the thickness of the 2nd antiferromagnetism layer 42 so that the comprehensive thickness which added the 2nd antiferromagnetism layer 42 and the middle antiferromagnetism layer 41 may turn into thick thickness 500A or less by 80A or more at the production process shown in drawing 24 . [0277] It is because the middle antiferromagnetism layer 41 which did not have the property of antiferromagnetism will be tintured with the

property of antiferromagnetism if independent if the comprehensive thickness which added the thickness of the middle antiferromagnetism layer 41 and the thickness of the 2nd antiferromagnetism layer 42 is formed by thickness with thick 500A or less degree by 80A or more. [0278] Furthermore, the laminating of the insulating layer 74 is carried out on the 2nd antiferromagnetism layer 42. An insulating layer 74 is formed by insulating materials, such as aluminum 2O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> and AlN, aluminum-Si-O, and Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. [0279] Next, at the production process shown in drawing 25 , on an insulating layer 74, predetermined gap 50a is opened crosswise truck ] (the direction of illustration X), for example, the mask layer 50 is formed. As said inorganic material which forms the mask layer 50, Cr, Ta, Ti, Si, Zr, Nb, Mo, Hf, W, aluminum-O, aluminum-Si-O, Si-O, etc. can be chosen. [0280] After formation of the mask layer 50 stands the resist layer (not shown) on the center section of the insulating layer 74 and buries the both sides by the mask layer 50, it removes a resist layer and forms gap 50a of predetermined width of face in the mask layer 50. Or after forming a resist layer (not shown) in piles on the mask layer 50 after forming the mask layer 50 on [ whole ] an insulating layer 74, and forming a hole in the center section of said resist layer by exposure development, the mask layer 50 exposed from this hole is deleted by RIE (reactive ion etching) etc., and gap 50a of predetermined width of face is formed in the mask layer 50. [0281] Or by this invention, the mask layer 50 may be formed by the resist. At the production process shown in drawing 25 , the insulating layer 74 exposed out of gap 50a of the mask layer 50 is deleted by RIE or ion milling, the 2nd antiferromagnetism layer 42 under an insulating layer 74 is further deleted to the location of a dotted line K, and the crevice 76 shown in drawing 26 is formed. It is desirable to delete the 2nd antiferromagnetism layer 42 until the comprehensive thickness which added the thickness of the 2nd antiferromagnetism layer 42 under a dotted line K and the thickness of the middle antiferromagnetism layer 41 at this time becomes 50A or less. It is 40A or less more preferably. Otherwise, it is because the center section D of the middle antiferromagnetism layer 41 will leave the property of antiferromagnetism, it is annealing in the 2nd magnetic field of degree production process, a switched connection magnetic field will occur between a center section D and the center section D of the free magnetic layer 28 of the middle antiferromagnetism layer 41 and magnetization of the center section D of the free magnetic layer 28 will be fixed firmly. [0282] Moreover, the 2nd antiferromagnetism layer 42 exposed out of gap 50a of the mask layer 50 may be removed altogether, the middle antiferromagnetism layer 41 currently formed in the bottom of it may be removed to an alternate long and short dash line L, and milling may be stopped. [0283] As shown in drawing 25 , since the 2nd antiferromagnetism layer 42 is deleted in the direction near a perpendicular direction or a perpendicular direction to the insulating-layer 74 surface (or said substrate surface) surface, inside edge 42a of the 2nd antiferromagnetism layer 42 is formed in the direction near a perpendicular direction (illustration Z direction) or a perpendicular direction to the insulating-layer 74 surface (or said substrate surface). In addition, the inside end face of each class deleted when deleting to the layer formed in the 2nd antiferromagnetism layer 42 bottom naturally is a direction (formed in 80 degrees - 90 degrees by the angle to the insulating-layer 74 surface (or said substrate surface).) near a perpendicular direction or a perpendicular direction to the insulating-layer 74 surface (or said substrate surface). [0284] In addition, when inside edge 50b of the mask layer 50 is formed, for example like the dotted line M of drawing 7 in respect of the inclined plane where gap 50a spreads gradually towards the upper surface from an inferior

surface of tongue, or the curve, inside edge 42a of 2nd antiferromagnetism layer 42 grade is also formed as an inclined plane or a curve side. Moreover, inside edge 42a of 2nd antiferromagnetism layer 42 grade can also be made into an inclined plane or a curve side by adjusting the ion milling when deleting the 2nd antiferromagnetism layer 42, and the angle of RIE. [0285] If inside edge 50b of the mask layer 50 is formed as an inclined plane or a curve side, the other side becomes narrow [ the width-of-face size to the truck cross direction in gap 50a deleted (the direction of illustration X) ] on the inferior surface of tongue. For this reason, the width of recording track Tw can be made still smaller than the width of face of gap 50a of the mask layer 50, and the magnetic sensing element which can respond to \*\* truck-ization can be manufactured. [0286] Moreover, although it is arbitrary how far it deletes, it is important on the center section D of the free magnetic layer 28 not to leave the antiferromagnetism layer of thickness with the thick degree tintured with antiferromagnetism at least. [0287] Or instead of forming an insulating layer 74 in the shape of a solid film after membrane formation of the 2nd antiferromagnetism layer 42 By forming an insulating layer on the field which forms the resist for wrap lift off and is not covered with said resist layer of the 2nd antiferromagnetism layer 42 in the field of the width of recording track Tw of the 2nd antiferromagnetism layer 42 The insulating layer by which the hole was formed in the center section of the truck cross direction is formed, and you may make it delete the 2nd antiferromagnetism layer 42 and the middle antiferromagnetism layer 41 by using this insulating layer as a mask. When using as a mask the insulating layer by which the hole was formed in the center section of the truck cross direction, formation of the above-mentioned mask layer 50 can be omitted. In addition, after forming the protective layer which consists of Ta etc. on the 2nd antiferromagnetism layer 42, the resist for wrap lift off may be formed for the field of the width of recording track Tw. [0288] After above-mentioned RIE and the above-mentioned ion milling production process are completed, 2nd annealing in a magnetic field is given. The direction of a magnetic field at this time is the truck cross direction (the direction of illustration X). In addition, the 2nd [ this ] annealing in a magnetic field is smaller than the exchange anisotropy magnetic field of the 1st antiferromagnetism layer 22 in the 2nd impression magnetic field, and, moreover, makes heat treatment temperature lower than the blocking temperature of the 1st antiferromagnetism layer 22. The exchange anisotropy magnetic field of the both-sides edge C of the middle antiferromagnetism layer 41 can be turned crosswise [ truck ] (the direction of illustration X), turning the direction of the exchange anisotropy magnetic field of the 1st antiferromagnetism layer 22 in the height direction (the direction of illustration Y) by this. In addition, the 2nd heat treatment temperature is 250 degrees C, and the magnitude of a magnetic field is 8-30 (kA/m) (A/m), for example, 24k. [0289] In addition, as for the magnitude of the 2nd magnetic field, it is desirable that it is larger than the saturation magnetic field of the free magnetic layer 28 and an anti-magnetic field. [0290] Since the both-sides edge C of the middle antiferromagnetism layer 41 takes on the property of antiferromagnetism by the antiferromagnetism-interaction generated between the 2nd antiferromagnetism layers 42 formed on it, by the 2nd [ this ] annealing in a magnetic field The both-sides edge C of the middle antiferromagnetism layer 41 regulation--ization-metamorphoses, and a big switched connection magnetic field generates it between the both-sides edge C of the middle antiferromagnetism layer 41, and the both-sides edge C of the free magnetic layer 28. Magnetization of the both-sides edge C of the free magnetic layer 28 is fixed crosswise [ truck ] (the direction of illustration X) by this. [0291]

Since only the antiferromagnetism layer of thickness with the thin degree which is not tintured with the property of antiferromagnetism is formed on the center section D of the free magnetic layer 28, on the other hand, also by the 2nd above-mentioned annealing in a magnetic field The center section D of the middle antiferromagnetism layer 41 formed on the center section D of the free magnetic layer 28 does not regulation--ization-metamorphose. Even if a switched connection magnetic field does not occur between a center section D and the center section D of the free magnetic layer 28 of the middle antiferromagnetism layer 41 or it generates, it has not been said that the value is small and the center section D of the free magnetic layer 28 is firmly fixed crosswise [ truck ] like the both-sides edge C. Moreover, it is also avoidable that the coercive force of the center section D of the free magnetic layer 28 increases by the middle antiferromagnetism layer 41. [0292] Magnetization of the center section D of the free magnetic layer 28 is in the condition weakly single-domain-ized by the degree which can carry out flux reversal to an external magnetic field. [0293] Moreover, since the thickness of the middle antiferromagnetism layer 41 on the center section D of the free magnetic layer 28 is 50A or less, it can lessen splitting of the sense current to the middle antiferromagnetism layer 41, and can raise the magnetic field detection output of a magnetic sensing element. [0294] Thus, in this invention, compared with the former, magnetization control of the free magnetic layer 28 can be performed appropriately, and the magnetic sensing element which was excellent in playback sensitivity also in the formation of a \*\* truck can be manufactured. [0295] Moreover, 2nd [ this ] annealing in a magnetic field may be given after forming the 2nd antiferromagnetism layer 42 and an insulating layer 74 on the middle antiferromagnetism layer 41 after the drawing 24 production process. [0296] Next, at the production process shown in drawing 27 , spatter membrane formation of the insulating layer 75 which is missing from the crevice 76 made by deleting an insulating layer 74 and the 2nd antiferromagnetism layer 42, and consists of insulating materials, such as aluminum 2O3, SiO2 and AlN, aluminum-Si-O, and Si3N4, is carried out from upper surface 74a of an insulating layer 74. The ion beam spatter method, the long slow spatter method, the collimation spatter method, etc. can be used for a spatter. [0297] The point which it should be careful of here is in the spatter angle theta 1 at the time of forming an insulating layer 75. it is desirable that it enlarges said spatter angle theta 1 as much as possible by this invention although the direction G of a spatter has the spatter angle of theta 1 to the perpendicular direction of the film surface of each class of multilayers as shown in drawing 27 (namely, -- more -- to put it to sleep), and an insulating layer 75 tends to be formed by side 76a of a crevice 76. For example, said spatter angle theta 1 is 50 degrees to 70 degrees. [0298] Thus, by enlarging said spatter angle theta 1, the thickness tz1 to the truck cross direction (the direction of illustration X) of the insulating layer 75 formed in side 76a of a crevice 76 can be formed more thickly than the thickness tz2 of the insulating layer 75 formed in the surface of upper surface 74a of an insulating layer 74, and base 76b of a crevice 76. Thus, if thickness of an insulating layer 75 is not adjusted, even if the insulating layer 75 of side 76a of a crevice 76 will be removed altogether or an insulating layer 75 will remain by the ion milling in degree production process, the thickness can become very thin and cannot be operated as an insulating layer for reducing a splitting loss appropriately. [0299] Next, as shown in drawing 28 , ion milling is given from the angle (it is 0 degree to 20 degrees to the perpendicular direction on the surface of class of multilayers) near the film surface, perpendicular direction (direction parallel to an illustration Z direction), or perpendicular direction of each class of multilayers.



Ion milling is given until it removes appropriately the insulating layer 75 formed in base 76b of a crevice 76 at this time. The insulating layer 75 formed in the upper surface of an insulating layer 74 of this ion milling is also removed. On the other hand, although the insulating layer 75 formed in side 76a of a crevice 76 can also be deleted a little It has the thickness  $t_{z1}$  thicker than the insulating layer 75 formed in base 76b. Moreover, the direction H of milling of ion milling Since it will become in the direction of slant if it sees from the insulating layer 75 formed in side 76a, the insulating layer 75 formed in side 76a is hard to be deleted compared with the insulating layer 75 formed in base 76b, and, therefore, the insulating layer 75 of moderate thickness is left behind to side 76a. [0300] The condition is drawing 28 . As for the thickness  $t_{z3}$  in the truck cross direction of the insulating layer 75 left behind to side 76a of a crevice 76, it is desirable that it is 5nm to 10nm. [0301] As shown in drawing 28 , upper surface 42c of the 2nd antiferromagnetism layer 42 is covered with an insulating layer 74, and it will be covered with the insulating layer 75 by side 76a of a crevice 76. [0302] and the up electrode layer 72 which has an up shield after applying to base 76b of a crevice 76 from insulating layers 74 and 75 and forming a non-magnetic layer 73 as shown in drawing 29 when required -- a spatter -- or plating formation is carried out. As for a non-magnetic layer 73, it is desirable to be formed with nonmagnetic electrical conducting materials, such as Ta, Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu. Although a non-magnetic layer 73 has a role of an up gap layer, since current stops being able to flow in multilayers easily, it is not desirable. [ of covering the base 76b top of the crevice 76 used as the entrance of a current path by the non-magnetic layer 73 which consists of an insulating material ] Therefore, it is desirable to form a non-magnetic layer 73 with a nonmagnetic electrical conducting material in this invention. [0303] In the magnetic sensing element formed as mentioned above, upper surface 42c of the 2nd antiferromagnetism layer 42 is covered with an insulating layer 74, and side 76a of a crevice 76 changes into the condition of having been covered with the insulating layer 75, and it becomes possible to manufacture the magnetic sensing element of the CPP mold which can control appropriately the splitting loss of current which flows from an electrode layer. [0304] The 3rd manufacture method of a CPP mold MAG sensing element is explained. As shown in drawing 30 , the lower electrode layer 70 which makes a lower shield layer serve a double purpose is formed on the substrate which is not illustrated using magnetic materials, such as NiFe. [0305] Furthermore, continuation membrane formation of the seed layer 21, the 1st antiferromagnetism layer 22, the fixed magnetic layer 23, the non-magnetic material layer 27, the free magnetic layer 28, and the non-magnetic layer 31 is carried out according to the same production process as drawing 11 . A spatter and vacuum deposition are used for membrane formation. The material and thickness of each class are the same as each class which attached the same sign shown in drawing 11 . [0306] Even if atmospheric-air exposure of the layered product which also shows this invention to drawing 30 by forming a non-magnetic layer 31 on the free magnetic layer 28 is carried out, it can prevent appropriately that the free magnetic layer 28 oxidizes. [0307] A non-magnetic layer 31 needs to be a precise layer which cannot oxidize easily due to atmospheric-air exposure here. [0308] In this invention, a non-magnetic layer 31 is formed with noble metals. It is desirable to specifically form with the noble metals which consist of any one sort of Ru, Re, Pd, Os, Ir, Pt, Au, and the Rh or two sorts or more. [0309] The non-magnetic layer 31 which consists of noble metals, such as Ru, is a precise layer which cannot oxidize easily due to atmospheric-air exposure. Therefore, even if it makes thickness of a non-magnetic layer 31 thin, it can prevent

appropriately that the free magnetic layer 28 oxidizes by atmospheric-air exposure. [0310] It is desirable to form a non-magnetic layer 31 by 10Å or less by 3Å or more with this invention. It is possible to prevent appropriately that the free magnetic layer 28 oxidizes by atmospheric-air exposure appropriately also by the non-magnetic layer 31 of thin thickness of this level. [0311] Thus, ion milling control of degree production process can be performed appropriately and easily by having formed the non-magnetic layer 31 by thin thickness. [0312] After carrying out the laminating of each class to a non-magnetic layer 31, 1st annealing in a magnetic field is given. Impressing the 1st magnetic field (the direction of illustration Y) which is the direction which intersects perpendicularly with the width of recording track Tw (the direction of illustration X), it heat-treats at the 1st heat treatment temperature, a switched connection magnetic field is generated between the 1st antiferromagnetism layer 22 and the magnetic layer 24 which constitutes the fixed magnetic layer 23, and magnetization of a magnetic layer 24 is fixed in the direction of illustration Y. The direction of illustration Y is fixed to hard flow by the switched connection by the RKKY interaction which magnetization of another magnetic layer 26 commits between magnetic layers 24. In addition, 1st heat treatment temperature is made into 270 degrees C, for example, and magnitude of a magnetic field is set to 800k (A/m). [0313] Moreover, noble-metals elements, such as Ru which constitutes a non-magnetic layer 31, are considered to be spread in the free magnetic layer 28 interior by the 1st above-mentioned annealing in a magnetic field. Next, ion milling of the whole surface of a non-magnetic layer 31 is carried out, and a non-magnetic layer 31 is removed. [0314] The ion milling of low energy can be used at the ion milling production process shown in drawing 30. In addition, as for whenever [ incident angle / of the ion milling in the drawing 30 production process ], it is desirable to make it from a normal 30 degrees - 70 degrees over the substrate surface. In addition, the processing time of ion milling is several seconds - about 10 minutes. [0315] Next, on the free magnetic layer 28, using the same material as the magnetic material layer 30 of the free magnetic layer 28, or the diffusion prevention layer 29, the ferromagnetic layer 45 is formed and continuation membrane formation of the 2nd antiferromagnetism layer 42 and the insulating layer 74 is further carried out in a vacuum at the production process shown in drawing 31. An insulating layer 74 is formed by insulating materials, such as aluminum 2O3, SiO2 and AlN, aluminum-Si-O, and Si3N4. [0316] In addition, it is desirable to form the 2nd antiferromagnetism layer 42 with the same quality of the material as the 1st antiferromagnetism layer 22. [0317] Moreover, it is desirable that the thickness of the 2nd antiferromagnetism layer 42 makes it thick thickness 500Å or less by 80Å or more. [0318] Next, the mask layer 50 which opened predetermined gap 50a crosswise [ truck ] (the direction of illustration X), for example, was formed with the inorganic material on the insulating layer 74 is formed like drawing 25 mentioned above. Or by this invention, the mask layer 50 may be formed by the resist. [0319] Furthermore, the insulating layer 74 exposed out of gap 50a of the mask layer 50 is deleted by RIE or ion milling, and the 2nd antiferromagnetism layer 42 and the ferromagnetic layer 45 under an insulating layer 74 are deleted further. [0320] Or instead of forming an insulating layer 74 in the shape of a solid film after membrane formation of the 2nd antiferromagnetism layer 42 By forming an insulating layer on the field which forms the resist for wrap lift off and is not covered with said resist layer of the 2nd antiferromagnetism layer 42 in the field of the width of recording track Tw of the 2nd antiferromagnetism layer 42 The insulating layer by which the hole was formed in the center section of the truck cross direction is formed, and you may make it delete the 2nd

antiferromagnetism layer 42 and the ferromagnetic layer 45 by using this insulating layer as a mask. When using as a mask the insulating layer by which the hole was formed in the center section of the truck cross direction, formation of the above-mentioned mask layer 50 can be omitted. In addition, after forming the protective layer which consists of Ta etc. on the 2nd antiferromagnetism layer 42, the resist for wrap lift off may be formed for the field of the width of recording track Tw. [0321] As shown in drawing 31, since the 2nd antiferromagnetism layer 42 is deleted in the direction near a perpendicular direction or a perpendicular direction to the insulating-layer 74 surface (or substrate surface), inside edge 42a of the 2nd antiferromagnetism layer 42 is formed in the direction near a perpendicular direction (illustration Z direction) or a perpendicular direction to the insulating-layer 74 surface (or substrate surface). In addition, when deleting to the layer formed in the 2nd antiferromagnetism layer 42 bottom naturally, it will be formed in the direction near a perpendicular direction or a perpendicular direction by the inside end face of deleted each class to the insulating-layer 74 surface (or substrate surface). [0322] In addition, when inside edge 50b of the mask layer 50 is formed, for example like the dotted line M of drawing 31 in respect of the inclined plane where gap 50a spreads gradually towards the upper surface from an inferior surface of tongue, or the curve, inside edge 42a of 2nd antiferromagnetism layer 42 grade is also formed as an inclined plane or a curve side. [0323] After above-mentioned RIE and the above-mentioned ion milling production process are completed, 2nd annealing in a magnetic field is given. The direction of a magnetic field at this time is the truck cross direction (the direction of illustration X). In addition, the 2nd [ this ] annealing in a magnetic field is smaller than the exchange anisotropy magnetic field of the 1st antiferromagnetism layer 22 in the 2nd impression magnetic field, and, moreover, makes heat treatment temperature lower than the blocking temperature of the 1st antiferromagnetism layer 22. The exchange anisotropy magnetic field of the both-sides edge C of the 2nd antiferromagnetism layer 42 can be turned crosswise [ truck ] (the direction of illustration X), turning the direction of the exchange anisotropy magnetic field of the 1st antiferromagnetism layer 22 in the height direction (the direction of illustration Y) by this. In addition, the 2nd heat treatment temperature is 250 degrees C, and the magnitude of a magnetic field is 8-30 (kA/m) (A/m), for example, 24k. [0324] For this reason, by the 2nd above-mentioned annealing in a magnetic field, the 2nd antiferromagnetism layer 42 regulation--ization-metamorphoses appropriately, and the switched connection magnetic field of magnitude suitable between the 2nd antiferromagnetism layer 42 and the ferromagnetic layer 45 generates it. Furthermore, ferromagnetic association based on an exchange interaction occurs between the both-sides edges C of the ferromagnetic layer 45 and the free magnetic layer 28, and magnetization of the both-sides edge C of the free magnetic layer 28 is fixed crosswise [ truck ] (the direction of illustration X) to it by this. [0325] In addition, magnetization of the center section D of the free magnetic layer 28 is in the condition weakly single-domain-ized by the degree which can carry out flux reversal to an external magnetic field. [0326] Moreover, although a non-magnetic layer 31 is removed completely and it will be slightly deleted by the surface of the free magnetic layer 28 if the drawing 30 production process performs 50 degrees to 60 degrees, and milling time amount for a milling angle from 30 seconds in 50 seconds to the perpendicular direction of the insulating-layer 74 surface (or substrate surface) In order that the free magnetic layer 28 may not receive a serious damage by ion milling, ferromagnetic association suitable between the both-sides edges C of the ferromagnetic layer 45 and the free magnetic layer 28 occurs, and it also

becomes possible to set magnitude of an exchange bias magnetic field to 32-72 (kA/m). [0327] In this invention, even if it makes thin thickness of the ferromagnetic layer 45 by which a laminating is carried out on the free magnetic layer 28, magnetic association between the free magnetic layer 28 and the ferromagnetic layer 45 (ferromagnetism-exchange interaction) can be strengthened. [0328] If thickness of the ferromagnetic layer 45 is made thin, the switched connection magnetic field generated between the 2nd antiferromagnetism layer 42 and the ferromagnetic layer 45 becomes strong, and comes to be able to carry out magnetization immobilization of the both-sides edge of a free magnetic layer firmly. That is, side leading is stopped and the magnetic sensing element which can respond can be manufactured suitable for the formation of a \*\* truck. [0329] Moreover, if the ferromagnetic layer 45 is made thin, it can also be controlled that an excessive static magnetic field enters the center section D of the free magnetic layer 28 from the inside side of the ferromagnetic layer 45, and the fall of sensitivity to the external magnetic field of the center section D of the free magnetic layer 28 in which flux reversal is possible can be prevented. [0330] In this invention, the thickness of the ferromagnetic layer 45 can be set as 5A - 50A. Thus, in this invention, compared with the former, magnetization control of the free magnetic layer 28 can be performed appropriately, and the magnetic sensing element which was excellent in playback sensitivity also in the formation of a \*\* truck can be manufactured. [0331] Of the ion milling production process of drawing 31, the crevice 77 as shown in drawing 32 is formed. Furthermore, the insulating layer 75 which is 5nm to 10nm is formed in side 77a of a crevice 77 for the thickness tz3 in the truck cross direction of drawing 27 and the drawing 28 production process of having explained previously, and the same production process. [0332] As shown in drawing 32, upper surface 42c of the 2nd antiferromagnetism layer 42 is covered with an insulating layer 74, and it will be covered with the insulating layer 75 by side 77a of a crevice 77. [0333] and the up electrode layer 72 which has an up shield after applying to base 77b of a crevice 77 from insulating layers 74 and 75 and forming a non-magnetic layer 73, when required -- a spatter -- or plating formation is carried out. As for a non-magnetic layer 73, it is desirable to be formed with nonmagnetic electrical conducting materials, such as Ta, Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu. As for a non-magnetic layer 73, forming with a nonmagnetic electrical conducting material is desirable. [0334] In the magnetic sensing element formed as mentioned above, upper surface 42c of the 2nd antiferromagnetism layer 42 is covered with an insulating layer 74, and side 77a of a crevice 77 changes into the condition of having been covered with the insulating layer 75, and it becomes possible to manufacture the magnetic sensing element of the CPP mold which can control appropriately the splitting loss of current which flows from an electrode layer. [0335] In addition, the operation gestalt which used as the magnetic sensing element of a CPP mold the magnetic sensing element which shows drawing 33 to drawing 18, and drawing 34 are the operation gestalten which used as the magnetic sensing element of a CPP mold the magnetic sensing element shown in drawing 19. [0336] Namely, the lower electrode layer 70 each magnetic sensing element shown in drawing 33 and drawing 34 both [ layer / bottom / of the 1st antiferromagnetism layer 22 ] used the lower shield is formed. Moreover, an insulating layer 74 is formed on the 2nd antiferromagnetism layer 42, an insulating layer 75 is formed in the sides 78a and 79a of crevices 78 and 79, and the up electrode layer 72 which applied on base 78b of crevices 78 and 79 and 79b from on an insulating layer 74 and 75 further, and made the up shield serve a double purpose is formed. [0337] Although the magnetic sensing element

shown in drawing 35 and drawing 36 is a magnetic sensing element of a CPP mold like drawing 22 and drawing 29 , the configuration of the lower electrode layer 80 which serves as a lower shield layer differs from it of drawing 22 and drawing 29 . [0338] In namely, the center section of the track cross direction (the direction of illustration X) of the lower electrode layer 80 which made the lower shield layer which consists of magnetic materials, such as NiFe, serve a double purpose in drawing 35 and drawing 36 Lobe 80a projected in the direction of multilayers from the seed layer 21 to the free magnetic layer 28 (illustration Z direction) is prepared. The upper surface 80a1 of this lobe 80a is in contact with the inferior surface of tongue of multilayers which consists of a free magnetic layer 28 from the substrate layer 22, and it is the point that current flows in said multilayers from lobe 80a (to or lobe 80from multilayers a). [0339] And the insulating layer 81 is formed between both-sides edge 80b in the track cross direction (the direction of illustration X) of the lower electrode layer 80, and said multilayers. An insulating layer 81 is formed by insulating materials, such as aluminum 2O3, SiO2 and AlN, aluminum-Si-O, and Si3N4. [0340] The current path over said multilayers is narrow down by formation of lobe 80 a , a lower electrode layer 80 is that an insulating layer 81 was further formed between both-sides edge 80b of the lower electrode layer 80 , and said multilayers , and can control appropriately that current carries out splitting into said multilayers from both-sides edge 80b , and it becomes possible to manufacture a magnetic sensing element with a large playback output more effectively in the magnetic sensing element show in drawing 35 and drawing 36 . [0341] In addition, although the width-of-face size of the track cross direction (the direction of illustration X) of the upper surface 80a1 of lobe 80a of the lower electrode layer 80 is in agreement with the width-of-face size in the track cross direction (the direction of illustration X) of Field D in the magnetic sensing element shown in drawing 35 and drawing 36 , the width-of-face size of the upper surface 80a1 may be larger than the width-of-face size of Field D. It is that the width-of-face size of the upper surface 80a1 is in agreement with the width of recording track Tw more preferably. It is possible to be able to pass current and to manufacture a magnetic sensing element with a large playback output only in the field of the width of recording track Tw, to said multilayers, more effectively, by this. [0342] With the operation gestalt shown in drawing 35 and drawing 36 , moreover, the both-sides side 80a2 in the track cross direction (the direction of illustration X) of lobe 80a formed in the lower electrode layer 80 Although formed in respect of the inclined plane where the width-of-face size in the track cross direction of lobe 80a follows for separating from said multilayers (an illustration Z direction and hard flow), and spreads gradually, or the curve, the both-sides side 80a2 may be a vertical plane to the track cross direction (the direction of illustration X). [0343] In addition, lobe 80a may be formed in the lower electrode layer 80, and you may be the 2nd antiferromagnetism layer 33 and the magnetic sensing element by which an insulating layer 71 or insulating layers 74 and 75 are not formed on 42. In this case, although it is thought that a current path is inferior to the width of recording track Tw in breadth or the playback output which becomes empty since between the up electrode layer 72, the 2nd antiferromagnetism layer 33, and 42 is not insulated, by the inferior-surface-of-tongue side of said multilayers, by forming lobe 80a in the lower electrode layer 80, a current path can be narrowed down, the breadth of a current path can be stopped, and the fall of a playback output can be controlled. [0344] The manufacture method of the lower electrode layer 80 of the magnetic sensing element shown in drawing 35 and drawing 36 and an insulating layer 81 is explained. [0345] First, as shown in

drawing 37 , after plating or spatter forming the lower electrode layer 80 and carrying out data smoothing of the surface by polishing etc. using magnetic materials, such as NiFe, the resist layer 92 is formed on the center section of the truck cross direction (the direction of illustration X) of the lower electrode layer 80. [0346] Next, as shown in drawing 38 , both-sides edge 80b of the lower electrode layer 80 which is not covered with this resist layer 92 is deleted to the middle by ion milling. Lobe 80a can be formed in the center section of the truck cross direction of the lower electrode layer 80 by this. [0347] Furthermore, as shown in drawing 39 , when spatter membrane formation of the insulating layer 81 is carried out on both-sides end-face 80b of the lower electrode layer 80 which is not covered with the resist layer 92 and upper surface 81a of an insulating layer 81 becomes the upper surface 80a1 of lobe 80a of the lower electrode layer 80 with the same plane mostly, said spatter membrane formation is ended. And the resist layer 92 is removed. [0348] In addition, after removing the resist layer 92, upper surface 81 of upper surface [ of lobe 80a of the lower electrode layer 80 ] 80a1 and insulating layer 81 a is ground using CMP etc., and upper surface 81a of the upper surface 80a1 of lobe 80a and an insulating layer 81 may be made to become high degree of accuracy with the same plane. In this case, data smoothing, such as the first polishing, is omissible. [0349] After removing the resist layer 92, the laminating of the seed layer 21, the 1st antiferromagnetism layer 22, the fixed magnetic layer 23, the non-magnetic material layer 27, and the free magnetic layer 28 is carried out on the lower electrode layer 80 and an insulating layer 81. [0350] In addition, although multilayers touch up and down and the up electrode layer 72 which serves both as the lower electrode layers 70 or 80 and up shield layer which serve as a lower shield layer is formed in the magnetic sensing element of the CPP mold of the gestalt of operation mentioned above, it becomes possible to lose the need of forming an electrode layer and a shield layer separately, and to easy-size manufacture of the magnetic sensing element of a CPP mold by such configuration. [0351] And if an electrode function and a shield function are made to make it serve a double purpose, gap length G1 determined the gap between shield layers can be shortened very much, and it will become possible to manufacture appropriately the magnetic sensing element which can respond by future high recording density-ization. [0352] Moreover, you may be the configuration of preparing the electrode layer which consists of Au, W, Cr, Ta, etc. in the upper surface and/or the inferior surface of tongue of multilayers, and preparing the shield layer made from a magnetic material in the field of the electrode layer of multilayers and the opposite side through a gap layer in this invention. [0353] In addition, by the magnetic sensing element of the CPP mold of the gestalt of operation mentioned above, the non-magnetic material layer 27 may be formed with nonmagnetic electrical conducting materials, such as Cu, or the non-magnetic material layer 27 may be formed by insulating materials, such as aluminum 2O3 and SiO2. The former magnetic sensing element is structure (CPP-GMR) called a spin bulb GMR mold magneto-resistive effect element, and the latter magnetic sensing element is structure called a spin bulb tunnel mold magneto-resistive effect mold element (CPP-TMR). [0354] A tunnel mold magneto-resistive effect mold element produces resistance change using the tunnel effect, when magnetization with the fixed magnetic layer 23 and the free magnetic layer 28 is anti-parallel, the tunnel current which minded said non-magnetic material layer 27 most stops being able to flow easily, resistance becomes max, on the other hand, when magnetization with the fixed magnetic layer 23 and the free magnetic layer 28 is parallel, tunnel current becomes the easiest to flow, and resistance becomes min. [0355] When using this principle and changing

magnetization of the free magnetic layer 28 in response to the effect of an external magnetic field, the changing electric resistance is regarded as voltage change (in the case of constant current actuation), or current change (in the case of constant-voltage actuation), and the leak magnetic field from a record medium is detected. [0356] Although this invention was described about the desirable example above, various modification can be added in the range which does not deviate from the range of this invention. [0357] In addition, the example mentioned above is instantiation to the last, and does not limit the claim of this invention. [0358] [Effect of the Invention] In this invention explained to details above, the laminating of the non-magnetic layer which consists of noble metals on a free magnetic layer or a middle antiferromagnetism layer is carried out. These noble metals are the quality of the materials which cannot oxidize easily, and even if thickness is thin, they demonstrate sufficient antioxidizing effect. Therefore, when removing said non-magnetic layer at a next production process, the ion milling of low energy can be used. [0359] The ion milling of low energy has a late milling rate, and it becomes possible to narrow the margin of a milling stop location. It also becomes possible to stop milling at the moment of removing said non-magnetic layer by ion milling especially. A free magnetic layer or a middle antiferromagnetism layer stops therefore, receiving a serious damage by ion milling. [0360] When continuation membrane formation of the 2nd antiferromagnetism layer is carried out on this ferromagnetic layer after the laminating of the ferromagnetic layer is carried out on said free magnetic layer, magnetic association between said ferromagnetic layers by which a laminating is carried out on said free magnetic layer (ferromagnetism-exchange interaction) can become strong, can make thickness of said ferromagnetic layer thin, and can strengthen the switched connection magnetic field generated between the 2nd antiferromagnetism layer and said ferromagnetic layer. Therefore, the magnetization immobilization of the both-sides edge of said free magnetic layer can be carried out firmly, side leading is stopped, and the magnetic sensing element which can respond can be manufactured suitable for the formation of a \*\* truck. [0361] Moreover, if said ferromagnetic layer is made thin, it can also be controlled that an excessive static magnetic field enters the center section of said free magnetic layer from the inside side of said ferromagnetic layer, and the fall of sensitivity to the external magnetic field of the center section of the free magnetic layer in which flux reversal is possible can be prevented. [0362] Moreover, where the laminating of said non-magnetic layer is carried out on said middle antiferromagnetism layer When 1st annealing in a magnetic field is carried out and the noble-metals material for forming said non-magnetic layer is mixed with the material of said middle antiferromagnetism layer When this mixture makes it what shows antiferromagnetism, even if said noble-metals material is spread inside said middle antiferromagnetism layer, it can lose that the antiferromagnetism of said middle antiferromagnetism layer deteriorates. [0363] Moreover, the magnetic sensing element in this invention is applicable to both also by the magnetic sensing element of a CIP mold, or the magnetic sensing element of a CPP mold.

## CLAIMS

[Claim(s)] [Claim 1] A manufacture method of a magnetic sensing element characterized by having the following production processes. (a) A production process which forms on a substrate multilayers by which the laminating was carried out to order of the 1st antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a non-magnetic material layer, a free magnetic layer, and a non-magnetic



layer that consists of a noble-metals material from the bottom, (b) A production process which gives 1st annealing in a magnetic field, is made to generate a switched connection magnetic field between said 1st antiferromagnetism layers and fixed magnetic layers, and fixes the magnetization direction of said fixed magnetic layer, (c) A production process at which a both-sides edge of said non-magnetic layer is removed, and the both-sides edge surface of said free magnetic layer is exposed, (d) A production process which forms a ferromagnetic layer on said free magnetic layer exposed to both sides of said non-magnetic layer, 2nd annealing in a magnetic field is given. (e) -- a production process which forms the 2nd antiferromagnetism layer on said ferromagnetic layer, and (f) -- A production process which is made to generate a switched connection magnetic field between said 2nd antiferromagnetism layers and said ferromagnetic layers, and fixes magnetization of a both-sides edge of said ferromagnetic layer and said free magnetic layer in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction. [Claim 2] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 1 of setting thickness of said ferromagnetic layer as 5A - 50A. [Claim 3] A manufacture method of a magnetic sensing element characterized by having the following production processes. (g) A production process which forms on a substrate multilayers by which the laminating was carried out from the bottom in order of a non-magnetic layer which consists of a 1st antiferromagnetism layer, fixed magnetic layer, non-magnetic material layer, free magnetic layer, and middle antiferromagnetism layer and a noble-metals material, (h) A production process which gives 1st annealing in a magnetic field, is made to generate a switched connection magnetic field between said 1st antiferromagnetism layers and fixed magnetic layers, and fixes the magnetization direction of said fixed magnetic layer, (i) A production process at which said non-magnetic layer is all removed and the surface of said middle antiferromagnetism layer is exposed, (j) A production process which forms the 2nd antiferromagnetism layer on said middle antiferromagnetism layer, and a production process which deletes a center section of the 2nd antiferromagnetism layer of (k) above, (l) A production process which gives 2nd annealing in a magnetic field, is made to generate a switched connection magnetic field between a both-sides edge of a middle antiferromagnetism layer under the 2nd antiferromagnetism layer, and a both-sides edge of a free magnetic layer, and fixes magnetization of a both-sides edge of said free magnetic layer in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction. [Claim 4] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 3 which this mixture forms using a metallic material in which antiferromagnetism is shown when said non-magnetic layer is mixed with a material of said middle antiferromagnetism layer. [Claim 5] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 3 or 4 which forms said middle antiferromagnetism layer by 10A or more at the aforementioned (g) production process at 50A or less. [Claim 6] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 5 which forms said middle antiferromagnetism layer by 40A or less by 30A or more. [Claim 7] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 3 to 6 to which all center sections of the 2nd antiferromagnetism layer are removed, and said middle antiferromagnetism layer is exposed at the aforementioned (k) production process. [Claim 8] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 3 to 6 of making into 50A or less thickness of an antiferromagnetism layer formed on a center section of said free magnetic layer, or not leaving an antiferromagnetism layer on a center section of said free magnetic layer at the aforementioned (k) production process. [Claim 9] A manufacture

method of a magnetic sensing element according to claim 8 which makes thickness of an antiferromagnetism layer formed on a center section of said free magnetic layer 40Å or less at the aforementioned (k) production process. [Claim 10] A manufacture method of a magnetic sensing element characterized by having the following production processes. (m) A production process which forms on a substrate multilayers by which the laminating was carried out from the bottom in order of the 1st antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a non-magnetic material layer, a free magnetic layer, and a non-magnetic layer that consists of a noble-metals material, (n) A production process which gives 1st annealing in a magnetic field, is made to generate a switched connection magnetic field between said 1st antiferromagnetism layers and fixed magnetic layers, and fixes the magnetization direction of said fixed magnetic layer, (o) A production process at which said non-magnetic layer is all removed and the surface of said free magnetic layer is exposed, (p) A production process which forms a ferromagnetic layer and the 2nd antiferromagnetism layer in order on said free magnetic layer, (q) A production process which removes a center section of said 2nd antiferromagnetism layer and said ferromagnetic layer, (r) A production process which gives 2nd annealing in a magnetic field, is made to generate a switched connection magnetic field between said 2nd antiferromagnetism layers and said ferromagnetic layers, and fixes magnetization of a both-sides edge of said ferromagnetic layer and said free magnetic layer in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction. [Claim 11] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 10 of setting thickness of said ferromagnetic layer as 5Å - 50Å. [Claim 12] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 1 to 11 of having a production process which opens a gap crosswise [ truck ] and carries out the laminating of the electrode layer of a pair on said 2nd antiferromagnetism layer. [Claim 13] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 1 or 2 characterized by providing the following A production process which carries out the laminating of the insulating layer by which it has a production process which forms a lower electrode layer on a substrate (s1) before the aforementioned (a) production process, and said 2nd antiferromagnetism layer was prepared in a hole by center section of the cover truck cross direction after the aforementioned (e) production process at said (s2) 2nd antiferromagnetism layer top (s3) A production process which forms an up electrode layer which flows electrically in said multilayers layer [Claim 14] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 3 to 11 characterized by providing the following A production process which has a production process which forms a lower electrode layer, and forms an insulating layer instead of a production process of the above (k) or (q) on a substrate (t1) before the above (g) or the (m) production process at said (t2) 2nd antiferromagnetism layer top (t3) A production process which forms a crevice on said insulating layer by deleting a part which carries out the laminating of the resist which prepared a hole in a center section of the truck cross direction, and is exposed to said hole of said insulating layer and said 2nd antiferromagnetism layer, and a production process which forms in a base of said (t4) crevice an up electrode layer which flows electrically [Claim 15] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 3 to 11 characterized by providing the following A production process which has a production process which forms a lower electrode layer on a substrate (t5) before the above (g) or the (m) production process, and forms an insulating layer by which a hole was formed in the center section of the truck cross direction on said (t6) 2nd antiferromagnetism layer instead of a production process of the above

(k) or (q) (t7) A production process which forms a crevice by deleting a truck cross direction center section of said 2nd antiferromagnetism layer by using said insulating layer as a mask, and a production process which forms in a base of said (t8) crevice an up electrode layer which flows electrically [Claim 16] the laminating was carried out on a production process which applies on said insulating layer from said (u1) crevice, and forms other insulating layers between the aforementioned (t3) production process and the aforementioned (t4) production process or between the aforementioned (t7) production process and the aforementioned (t8) production process, and a base of said (u2) crevice -- said -- others -- a manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 14 or 15 of having a production process which removes an insulating layer. [Claim 17] Between the aforementioned (s1) production process, between the aforementioned (a) production processes and the aforementioned (t1) production process, the above (g), or the (m) production process Between the aforementioned (t5) production process, the above (g), or the (m) production process, or in the center of the truck cross direction of said (v1) lower electrode layer Have a production process which forms a lobe projected in said direction of multilayers, and a production process which prepares an insulating layer in the both-sides section of the truck cross direction of said lobe of said (v2) lower electrode layer, and it sets at the above (a), (g), or the (m) production process. A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 13 to 16 which forms said multilayers so that the upper surface of said lobe may touch an inferior surface of tongue of said multilayers. [Claim 18] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 17 which makes the same plane the upper surface of said lobe, and the upper surface of said insulating layer prepared on a both-sides edge of said lower electrode layer in the aforementioned (v2) production process. [Claim 19] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 13 to 18 which forms said lower electrode layer and/or said up electrode layer with a magnetic material. [Claim 20] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 13 to 19 which forms said up electrode layer as that to which the laminating of said multilayers, a layer formed with a nonmagnetic conductivity material which flows on an electric target, and the layer formed with a magnetic material was carried out. [Claim 21] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 1 to 20 which forms said non-magnetic material layer with a nonmagnetic electrical conducting material. [Claim 22] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 13 to 20 which forms said non-magnetic material layer by insulating material. [Claim 23] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 1 to 22 which forms said non-magnetic layer by 3A or more at the above (a), (g), or the (m) production process at 10A or less. [Claim 24] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 1 to 23 which forms said non-magnetic layer at the above (a), (g), or the (m) production process at any one sort of Ru, Re, Pd, Os, Ir, Pt, Au, and the Rh, or two sorts or more. [Claim 25] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 1 to 24 which forms said free magnetic layer by three-tiered structure of a magnetic layer at the above (a), (g), or the (m) production process. [Claim 26] A manufacture method of a magnetic sensing element according to claim 25 which forms said free magnetic layer by three-tiered structure of CoFe/NiFe/CoFe.

[Translation done.]